



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **USO DIDÁCTICO DE RECURSOS TIC Y SOFTWARE LIBRE EN LA ENSEÑANZA DE LA OBSERVACIÓN LUNAR**

**JUAN CARLOS PEÑA PARRA**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias  
Maestría en la Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas  
Bogotá, Colombia  
2013

# **USO DIDÁCTICO DE RECURSOS TIC Y SOFTWARE LIBRE EN LA ENSEÑANZA DE LA OBSERVACIÓN LUNAR**

**JUAN CARLOS PEÑA PARRA**

Licenciado en Electromecánica  
Universidad de La Salle

Trabajo de grado como requisito parcial para optar el Título de:  
**Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

Director:

**Doctor en Física Teórica  
JOSÉ GREGORIO PORTILLA BARBOSA**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias  
Maestría en la Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas  
Bogotá, Colombia  
2013

*Dedico este trabajo primordialmente a Dios, por haberme dado todos los maravillosos dones de la vida y permitirme el haber alcanzado este momento tan importante en mi formación personal y profesional.*

*A mi madre María Ana Parra, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre con su cariño y apoyo incondicional el valor de la educación.*

*A mi padre José del Carmen Peña (Q.E.P.D.), cada día de mi vida siento que estás conmigo, sé que en este momento hubieras estado muy orgulloso de mí.*

*A mi tía Adela, a quien quiero como a una madre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a apoyarme.*

*A mi futura esposa Denn, porque gracias a su invaluable apoyo y aportes entregados con amor no hubiese logrado esta meta.*

*A mi hermano Jesús Enrique, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría de cada palabra.*

## Agradecimientos

Expreso mis más sinceros agradecimientos al profesor José Gregorio Portilla, por su colaboración, paciencia y permanente disposición de lectura y corrección. A los profesores de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas, por brindarme sus conocimientos que han enriquecido mi formación académica y personal. Y a todos aquellos que de una u otra forma hicieron posible la realización de esta propuesta.

## Resumen

Actualmente existe una gran diversidad de opciones pedagógicas frente a la implementación de ambientes de aprendizaje para la Educación en Tecnología y las Ciencias en general, hecho que constituye una riqueza para las prácticas pedagógicas de los docentes. El objetivo de este trabajo es presentar una propuesta de actividades fundamentada en tres pilares para el estudio de la astronomía básica: coordenadas astronómicas, constelaciones y la Luna, en un contexto en el que se construyen los conceptos a partir de la práctica y el uso de herramientas TIC y software libre encontrados en la Internet, entre los cuales están los planetarios y las cartas celestes. Todo lo anterior, para que con la enseñanza de la Astronomía se favorezca el acercamiento a las ciencias de los estudiantes de grado Noveno del Colegio Paraíso Mirador IED.

Palabras claves: Ciencias, Astronomía, educación, TIC, Internet, Software libre, Enseñanza y Aprendizaje.

## Abstract

Currently there is a great diversity of educational options facing the implementation of learning environments for Education in Technology and Science in general, which is a treasure for the pedagogical practices of teachers. The aim of this paper is to present a proposal for activities based on three pillars for the study of basic astronomy: astronomical coordinates, constellations and the Moon, in a context in which the concepts are built from the practice and use of TIC tools and free software found on the Internet, among which are the planetary and celestial charts. All this, for the teaching of astronomy to favor the approach to the science of ninth grade students of the College Paraiso Mirador IED.

Keywords: Science, Astronomy, Education, ICT, Internet, Free Software, Teaching and Learning.

## Contenido

Resumen.....	III
Abstract.....	IV
Lista de figuras.....	VIII
Lista de tablas.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
OBJETIVOS DE LA PROPUESTA .....	5
Objetivo General .....	5
Objetivos Específicos.....	5
Objetivo de la propuesta de aula .....	5
1. ASPECTOS HISTÓRICOS .....	6
HISTORIA DE LA ASTRONOMÍA Y LA OBSERVACIÓN LUNAR	
1.1 Culturas antiguas y la Astronomía .....	8
1.1.1. Mesopotamia.....	8
1.1.2. Egipto.....	9
1.1.3. China .....	10
1.1.4. Stonehenge.....	10
1.1.5. Los Mayas.....	10
1.1.6. América del norte .....	11
1.2 Ciencia y tecnología .....	11
1.3 Origen y estudio de las constelaciones.....	12
1.4 Introducción al estudio de la Luna .....	18
1.5 Historia de las observaciones lunares .....	22
1.6 Los primeros intentos por alcanzar la Luna .....	27

2. ASPECTOS DISCIPLINARES .....	32
2.1 El ojo como detector en Astronomía .....	32
2.2 Guía para observar las constelaciones .....	36
2.2.1 Conceptos básicos .....	36
2.2.1.1. La Tierra.....	36
2.2.1.2. La Esfera Celeste.....	38
2.2.1.3. Orientarse en la Esfera Celeste .....	41
2.2.1.4. Propiedades de la Esfera Celeste .....	43
2.2.1.5. Coordenadas astronómicas.....	46
2.2.1.6. Sistema de Coordenadas Horizontales .....	46
2.2.1.7. La Eclíptica .....	48
2.2.1.8. El zodiaco .....	53
2.2.1.9. Movimiento aparente de las estrellas .....	54
2.3 La Luna: Identidad astronómica.....	56
2.3.1 Origen .....	57
2.3.2 Características Generales .....	57
2.4 Rotación y libraciones de la Luna.....	60
2.5 Los movimientos de la Luna.....	62
2.6 Eclipses .....	69
2.6.1 Tamaños del Sol y la Luna .....	71
2.6.2 Periodicidad de los eclipses .....	72
2.6.3 Eclipse de Sol .....	73
2.7 Mareas.....	79
3. ASPECTOS DIDÁCTICOS .....	81
3.1 Software libre para la enseñanza de la Astronomía .....	81
3.1.1 Stellarium .....	85
3.1.1.1. Lista de características.....	86
3.1.1.2. Requerimientos del sistema .....	87
3.1.1.3. Guía rápida para el usuario .....	87
3.1.1.4. Desarrolladores.....	88
3.1.2 Celestia .....	88
3.1.3 Google SkyMap.....	88
3.1.4 Sky Chart – Cartes du Ciel .....	89
3.1.5 Virtual Moon Atlas .....	89



3.1.6	OpenUniverse .....	90
3.1.7	NAAP Astronomía Labs .....	90
3.1.8	Google Earth .....	91
3.1.9	Nasa WorldWind .....	92
3.1.10	World Wide Telescope .....	93
3.1.11	UNAWÉ.....	93
3.1.12	Asynx Planetarium v.2.61 .....	93
3.1.13	AstroViewer .....	93
3.1.14	Eclipse Software EmapWin .....	93
3.1.15	SkyMap .....	94
3.2	Recursos de Astronomía en la Web .....	94
4.	DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA .....	104
4.1	Cartilla No. 1: Coordenadas Horizontales.....	107
4.2	Cartilla No. 2: Las Constelaciones.....	107
4.3	Cartilla No. 3: La Luna.....	108
5.	CONCLUSIONES .....	109
ANEXOS		
Anexo A. Las constelaciones actuales .....		111
Anexo B . Misiones de Alunizaje Apollo .....		115
Anexo C. Datos de la Luna .....		116
BIBLIOGRAFÍA .....		119
REFERENCIAS VIRTUALES .....		124

## Lista de figuras

<b>Figura 1-1:</b>	Sistema Copernicano.....	9
<b>Figura 1-2:</b>	Bootes constellation map.....	16
<b>Figura 1-3:</b>	The <a href="#">Boötes</a> and <a href="#">Coma Berenices</a> constellations.....	17
<b>Figura 1-4:</b>	La estela de Ur. [46, 14].....	19
<b>Figura 1-5:</b>	El dios Khonsu, llamado el Navegante. [46, 14].....	19
<b>Figura 1-6:</b>	Piedra de Mesopotamia fechada en el siglo XI a. C. [46, 17].....	20
<b>Figura 1-7:</b>	Cono de sombra proyectado por la Tierra durante un Eclipse de Luna. [27, 27].....	22
<b>Figura 1-8:</b>	Dibujos realizados por Galileo en 1609 para su obra <i>Sidereus Nuncius</i> . [46, 25].....	23
<b>Figura 1-9:</b>	Mapa lunar de Hevelius realizado en 1647.....	24
<b>Figura 1-10:</b>	Mapa lunar de Riccioli realizado en el año 1651.....	25
<b>Figura 1-11:</b>	Reflector de 122 cm de W. Lassei, instalado en Malta en 1860. [46, 30].....	26
<b>Figura 1-12:</b>	Fotografía cortesía de la NASA, National Geographic.....	28
<b>Figura 2-1:</b>	El ojo humano.....	33
<b>Figura 2-2:</b>	El espectro electromagnético y la luz visible.....	35
<b>Figura 2-3:</b>	Curva de sensibilidad espectral del ojo humano.....	36
<b>Figura 2-4:</b>	Latitud y la longitud de un lugar. [27, 51].....	37
<b>Figura 2-5:</b>	Celestial sphere. Esfera Celeste.....	39
<b>Figura 2-6:</b>	Sección de la Esfera Celeste (circunferencia pequeña). [27, 53].	40
<b>Figura 2-7:</b>	Observador situado en la superficie de un planeta.....	40

<b>Figura 2-8:</b>	Cielo visible al observador.....	41
<b>Figura 2-9:</b>	El polo norte celeste. Copiado y modificado del original. [36, 38].....	42
<b>Figura 2-10:</b>	Posición de Casiopea con respecto a la estrella Polar.....	43
<b>Figura 2-11:</b>	Familia de círculos paralelos. [34, 84].....	44
<b>Figura 2-12:</b>	Radio de la esfera celeste. [34, 85].....	44
<b>Figura 2-13:</b>	Círculo máximo. [34, 85].....	45
<b>Figura 2-14:</b>	Puntos antípodas. [34,86].....	45
<b>Figura 2-15:</b>	Coordenadas Horizontales.....	47
<b>Figura 2-16:</b>	La Eclíptica.....	49
<b>Figura 2-17:</b>	Movimiento de traslación de la Tierra. [27, 59].....	49
<b>Figura 2-18:</b>	Esfera celeste general. [27, 60].....	50
<b>Figura 2-19:</b>	Trayectoria diurna del Sol en el ecuador durante los solsticios y equinoccios. [34, 49].....	52
<b>Figura 2-20:</b>	Trayectoria diurna del Sol en un lugar de una zona templada (aproximadamente unos 50° Norte) durante los solsticios y equinoccios. [34, 50].....	52
<b>Figura 2-21:</b>	Zodiaco.....	54
<b>Figura 2-22:</b>	Órbita de la Luna.....	60
<b>Figura 2-23:</b>	Libración de la Luna en latitud. [27, 127].....	61
<b>Figura 2-24:</b>	Libración de la Luna en longitud. [27, 128].....	62
<b>Figura 2-25:</b>	Las fases de la Luna.....	62
<b>Figura 2-26:</b>	Fases de la Luna (Moon phases).....	65
<b>Figura 2-27:</b>	Órbita de la Luna y las fases vistas desde la Tierra.....	66
<b>Figura 2-28:</b>	Mes sinódico y periodo sidéreo de la Luna. [27, 130].....	67
<b>Figura 2-29:</b>	Precesión y Nutación.....	67

<b>Figura 2-30:</b>	Concepto de precesión donde el Polo Norte describe una elipse.	68
<b>Figura 2-31:</b>	Perturbación Lunar.....	69
<b>Figura 2-33:</b>	Eclipses Lunar y Solar.....	71
<b>Figura 2-34:</b>	Variación del tamaño de la Luna.....	72
<b>Figura 2-35:</b>	Conos de sombra y penumbra en un eclipse de Sol. [14, 24].....	73
<b>Figura 2-36:</b>	Eclipses solares.....	74
<b>Figura 2-37:</b>	Configuración de un eclipse total o parcial de Sol. [27, 132].....	75
<b>Figura 2-38:</b>	Configuración de un eclipse anular de Sol. [27, 133].....	76
<b>Figura 2-39:</b>	Órbita de la Luna respecto de la eclíptica. Página [27, 129].....	77
<b>Figura 2-40:</b>	Configuración de un eclipse un eclipse de Luna. [27, 134].....	77
<b>Figura 2-41:</b>	Tipos de eclipse lunar.....	78
<b>Figura 2-42:</b>	Descripción de las mareas lunares.....	79
<b>Figura 3-1:</b>	Google Sky Map para teléfonos móviles con sistema operativo Android.....	89
<b>Figura 3-2:</b>	Captura de pantalla Nasa World Wind.....	92

## Lista de tablas

<b>Tabla 2-1:</b>	Número aproximado de días que emplea el Sol en atravesar cada constelación zodiacal.....	55
<b>Tabla 2-2:</b>	Relación entre planeta madre y satélite en el Sistema Solar.....	59
<b>Tabla 3-1:</b>	Enlaces de los principales organismos de recopilación de información relacionada con las ciencias planetarias y datos disponibles en cada uno de ellos.....	103

## INTRODUCCIÓN

La Unión Astronómica Internacional, en su XXV Asamblea General (Australia, julio de 2003) recomendó la inclusión de temas de Astronomía en los currículos educativos. Los fenómenos astronómicos despiertan gran interés en personas de todas las edades debido a la enorme curiosidad natural y espontánea que provoca lo que podemos observar en el cielo, los planetas, estrellas y demás cuerpos celestes; permiten enseñar no sólo la situación actual en el avance del conocimiento científico-tecnológico sino también los grandes objetivos que personas y culturas se han trazado en el desarrollo de la Historia de la Ciencia y la Tecnología. Es también importante rescatar que puede generar interés por la ciencia, propiciando la continuación de estudios en ciencias en los estudiantes.

A la educación se le ha planteado un desafío: contribuir a formar ciudadanos, con una cultura científico-tecnológica, que puedan ejercer un nuevo modo de ciudadanía, que reubique al ser frente al saber. Debemos construir propuestas educativas para que el ser humano oriente su conducta por criterios culturales científico-tecnológicos, ¿Cómo lo lograremos? ¿Se puede pensar actualmente en una sociedad ambientalmente sustentable y socialmente equitativa sin estar alfabetizados científica y tecnológicamente?

Martínez (1997) propone que, para la existencia de una sociedad del conocimiento socialmente equitativa, la enseñanza de las ciencias debe atender a las siguientes premisas: ciencia para todos; aplicación del conocimiento científico a la vida diaria; énfasis en asuntos de la sociedad; utilización y recuperación del conocimiento histórico comunitario y los recursos disponibles a nivel local. Para una sociedad ambientalmente sustentable, la enseñanza de las ciencias debe propiciar la toma de conciencia sobre el medio ambiente, tanto los sistemas naturales como socioculturales y el desarrollo de actitudes de compromiso ético con el medio ambiente para participar en su protección.

La Astronomía es una disciplina que se cuenta entre las que mayor difusión adquiere en los medios de comunicación, en los que se publican sus últimos

avances y se difunden los logros de cada una de las distintas misiones espaciales que son cada vez más frecuentes. Es así que escuchamos todos los días una gran cantidad de términos que comienzan a sernos cotidianos, tales como agujero negro, supernova, rayos gamma, transbordador, telescopio espacial, sonda, radiación, Big Bang, materia oscura, planeta extrasolar, asteroide, enana blanca, estación espacial, galaxia, entre otros. El asombro y la curiosidad que las maravillas de la Astronomía generan en las personas está demostrado en las series de televisión y documentales de canales científicos, películas y artículos referidos a este tema que son de habitual lectura y admiración por gran parte de la población, en especial por los jóvenes. Muchos de los dispositivos tecnológicos que utilizamos actualmente, tales como Internet, teléfonos celulares y dispositivos satelitales, son fruto del avance científico y de los conocimientos acerca del espacio exterior y de nuestro propio entorno celeste, gracias a que varias disciplinas del discernimiento tienen su punto de intersección con la Astronomía.

Se puede afirmar que el laboratorio está al alcance de todos: nuestro firmamento y la predisposición de muchos jóvenes por el deseo de conocer. Sólo se requiere de un tutor que facilite los abecedarios básicos de la observación. Para la mayoría de los seres humanos las generalidades de la bóveda celeste pasan desapercibidas. Muy ligado a estas generalidades está la relación con la historia, la percepción de las diferentes culturas, los mitos y las leyendas de las culturas ancestrales; teniendo en cuenta esto último, hemos dedicado las secciones uno y dos de esta propuesta para dar cuenta de la importancia de la historia de la astronomía y la observación lunar, así como los conceptos fundamentales y necesarios para iniciarse en las ciencias planetarias.

La Internet y la revolución en las comunicaciones posibilitan la presentación de diversos recursos sobre temas que se relacionan con la Astronomía. Es posible seguir la evolución de los eventos astronómicos, si se posibilita el servicio de Internet, además del acceso a software libre y gratuito que apoye la construcción de conceptos. Las páginas y recursos de la Web 2.0 facilitan el contacto con este tipo de información, la incorporación de las nuevas tecnologías en los espacios educativos ofrece un escenario innovador al promover la generación de contenidos, el aprendizaje, la participación y el aumento en la competitividad. La anexión de las TICs tiene objetivos como: elaborar planes de estudio relevantes; la utilización masiva de los recursos de las Tecnologías de la Información y la Comunicación para mejorar resultados; popularización de las herramientas básicas de la sociedad de la información; desarrollo en los estudiantes de las funciones cognitivas más avanzadas

(procesos de identificación y solución de problemas, fomento de la capacidad de reflexión y la creatividad, la habilidad para distinguir contenidos relevantes, planificación, investigación); progresar en el diseño y uso de portales de Internet; diseño y uso de aplicaciones de software de contenido educativo (Maldonado, 2000).

Esta propuesta pretende que los estudiantes se involucren activamente en el proceso de enseñanza y aprendizaje, experimentando por sí mismos el proceso de construcción y validación del conocimiento. Lo anterior permite generar un ambiente en el aula donde la crítica, la reflexión, la creatividad y el análisis se fomenten diaria y permanentemente en la conquista del conocimiento que contiene el estudio de la Astronomía y la íntima relación que existe entre ella y todas las ciencias, haciendo uso de recursos que facilitarán no solo la apropiación de conceptos sino también la adquisición de habilidades en el uso de tecnologías de la información.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de este contexto, la propuesta surge al observar que los estudiantes del Colegio Paraíso Mirador I.E.D de la Localidad de Ciudad Bolívar presentan vacíos conceptuales, dificultades, apatía y poca motivación por el estudio de asignaturas relacionadas con las ciencias y la tecnología debido a que son una población flotante en la institución, a la ausencia de temáticas novedosas en estas clases y a su constante interés e inquietud por explorar desde las TIC otros espacios de conocimiento y uso de estas herramientas. Sin embargo, una gran parte de ellos muestran su deseo por aprender Astronomía en la clase de Tecnología e Informática y por hacer uso de programas que les permitan acercarse a estas temáticas sin el uso de instrumentos como el telescopio o los binoculares, elementos con los cuales no cuenta la institución. De esta manera la pregunta que orienta el desarrollo del presente trabajo es:

*¿Cómo planear y diseñar actividades didácticas haciendo uso de recursos TIC y software libre para la enseñanza de la observación lunar, en grado noveno de educación secundaria del Colegio Paraíso Mirador IED?*

## OBJETIVOS DE LA PROPUESTA

### Objetivo general

Profundizar e investigar conceptos básicos de la observación lunar en relación con el uso de software libre y recursos TIC y así estructurar una propuesta didáctica para estudiantes de grado noveno de educación secundaria.

### Objetivos específicos

- Revisar documentos, artículos o textos sobre fundamentos de la astronomía relativos a la observación lunar.
- Hacer una revisión de algunos de los software de libre uso y recursos TICs que se encuentran en Internet.
- Diseñar tres cartillas con actividades que permitan desarrollar los temas de observación lunar.

### Objetivos de la propuesta de aula:

- Propiciar la enseñanza de la ciencia a partir de una aplicación del conocimiento científico como lo es la Astronomía.
- Comenzar a desarrollar temas de la Astronomía en el aula relacionados con la observación de los fenómenos celestes que ocurren a nuestro alrededor.
- Revisar los diferentes recursos TIC y software de libre aplicación que se pueden encontrar en la red, para desarrollar actividades encaminadas al aprendizaje de la observación lunar.

## 1. ASPECTOS HISTÓRICOS

La Astronomía es la ciencia que trata del origen, la evolución, la composición, la distancia y el movimiento de todos los cuerpos celestes y de la materia dispersa en el universo. Incluye la astrofísica, que estudia las propiedades físicas y la estructura de la materia cósmica (Martínez et al., 2007)<sup>1</sup>. La Astronomía puede dividirse en diversas ramas según sus objetivos científicos, o en función de sus métodos de estudio:

- *Astronomía esférica o de posición*: estudia los sistemas de coordenadas en la esfera celeste, sus cambios y las posiciones de los astros en el cielo.
- *Mecánica celeste*: estudia los movimientos de los cuerpos celestes en el Sistema Solar, en los sistemas estelares y los movimientos de las galaxias.
- *Astrofísica*: utiliza los métodos de la física moderna para analizar la estructura, la composición y la evolución de los astros.
- *Cosmología*: estudia el universo en su conjunto, es decir, la estructura, el origen y la evolución del cosmos.

La Astronomía, al igual que las demás ciencias, se constituye en una disciplina en la que se aplica el método científico. Este método consta de tres fases:

- 1) *Observación*: los objetos celestes emiten radiación que se capta actualmente por medio de telescopios o de otros instrumentos. La luz es el principal agente que aporta información acerca de los astros.
- 2) *Análisis de datos*: a partir del estudio de la información anterior es necesario identificar los procesos físicos responsables de la emisión de la radiación.
- 3) *Elaboración de modelos teóricos*: para explicar las observaciones se formulan modelos teóricos. Al mismo tiempo, estos modelos plantean la necesidad de nuevas observaciones para su verificación.

---

<sup>1</sup> Traducción hecha por Martínez, et al. (2007), de la definición que aparece en la Enciclopedia Británica (edición de 1989).

## HISTORIA DE LA ASTRONOMÍA Y LA OBSERVACION LUNAR

El hombre siempre se ha interesado por su posición en el Cosmos, por su relación con la Tierra y otros cuerpos celestes tales como los planetas, la Luna, el Sol y las estrellas. Esto lo ha obligado a preguntarse: ¿Quién soy y cuál es mi lugar en el universo o en la creación? Las respuestas a estas preguntas han ido evolucionando a través del tiempo y ese avance está relacionado con el progreso del hombre en lo cultural, de lo cual el adelanto en los conceptos científicos es una parte muy importante. Existen unas semejanzas entre las ideas astronómicas y cosmológicas de civilizaciones que muy probablemente nunca tuvieron contacto.

La Astronomía, junto a la aritmética, es la más antigua de todas las ciencias. Hace aproximadamente 20000 años, hacia el final del paleolítico, ya se hacían grabados en piedra que representaban algunos asterismos<sup>2</sup>: la Osa Mayor, la Osa Menor o las Pléyades. El neolítico es la época en que se erigieron los mehpires y las avenidas dolménicas, entre estos monumentos megalíticos se destacan *Stonehenge* y las *Taules* menorquinas. Las grandes civilizaciones euroasiáticas como precolombinas poseían conocimientos astronómicos importantes que usaban sobre todo para establecer calendarios.

La observación casual del cielo por el hombre nómada cuando cazaba, es tan antigua como el hombre mismo. El reconocimiento de los cambios regulares del día y noche, así como de las estaciones en el año, muy relacionadas con los patrones de comportamiento de los animales que el hombre primitivo cazaba, seguramente permitieron una primera sistematización de algunas de sus actividades, al marcar el comienzo de las migraciones de los animales, como lo hacen actualmente algunos grupos humanos en diversas partes del mundo.

Al inventarse la agricultura y comenzar la organización de habitáculos permanentes, que luego se transforman en pequeños poblados, se genera la necesidad de un calendario confiable. Las semillas deben ser plantadas en una determinada época del año para obtener cultivos con mejores cosechas. Si se hace fuera de tiempo, el frío del invierno o las lluvias de la primavera podrían arruinar las plantas y acabar con las únicas semillas disponibles. Es así como el calendario se convierte en una necesidad para el hombre que evoluciona de una vida nómada. La observación de las regularidades en el comportamiento de los astros es el principal insumo en la construcción de los calendarios.

---

<sup>2</sup> Patrón distintivo de estrellas que forma parte de una o más constelaciones. El término también se utiliza para describir un grupo de estrellas que parecen formar un cúmulo, incluso cuando no están relacionadas.

## 1.1. Culturas antiguas y la Astronomía

### 1.1.1 Mesopotamia

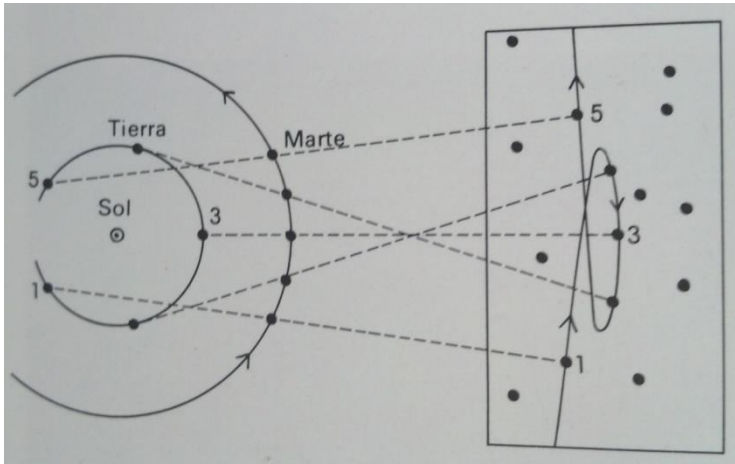
Los principales aportes a la Astronomía antigua provienen de los babilonios, quienes dejaron muchos registros de observaciones y calendarios en tabletas de arcilla en su escritura cuneiforme. Las culturas de esta región identificaron claramente una serie de fenómenos astronómicos: reconocieron el movimiento del Sol y la Luna respecto a las constelaciones que permanecían más o menos fijas en el cielo. Notaron la rotación de las estrellas alrededor de un punto fijo en el firmamento en un periodo de 24 horas. Registraron la aparición y el ocaso de las constelaciones en diversas épocas del año y llevaron un registro de los eclipses de Luna y Sol que observaron, notando las regularidades para hacer las predicciones de futuros eclipses. Desarrollaron un calendario lunar, el cual tiene el problema de que en un año no hay una cantidad entera de meses lunares, por lo que se acumulaba un desfase, problema que solucionaron agregando un mes adicional cada cierta cantidad de años. Tiempo después observaron que estas intercalaciones se vuelven regulares, y determinaron con precisión un ciclo de 19 años que consiste en que en 19 años solares hay un número entero de meses lunares. Los astrónomos babilonios notaron el comportamiento de algunos astros (llamados posteriormente planetas por los griegos) cuyo movimiento era errático, pues en ocasiones parecían devolverse (movimiento retrógrado<sup>3</sup>, Figura 1-1).

Para elaborar tablas de efemérides<sup>4</sup> de la Luna los babilonios utilizaron lo que Neugebauer llama *funciones lineales de zig-zag*; este es un método precursor de la definición del seno. Las detalladas tablas sobre la Luna permitían detectar claramente la periodicidad de los eclipses de Luna. Si en una fecha ocurría un eclipse de Luna, era muy probable la ocurrencia de un eclipse de Sol 14 ó 15 días después. Esto se debe a que cuando ocurre el eclipse de Luna, indica que la Luna está en el plano de la Eclíptica<sup>5</sup> y se mantendrá cerca de ese plano durante las dos siguientes semanas. El eclipse de Luna es visible en todo el hemisferio oscuro de la Tierra, mientras el eclipse de Sol solo es visible en una región muy pequeña, (Abetti, 1992).

<sup>3</sup> Tycho Brahe midió con gran precisión el movimiento de Marte en el cielo. Los datos sobre el movimiento retrógrado aparente (los llamados "lazos") permitieron a Kepler hallar la naturaleza elíptica de su órbita y determinar las leyes del movimiento planetario conocidas como leyes de Kepler.

<sup>4</sup> En el estudio de los cuerpos celestes, una **efemérides**, **efeméride** o **efemeris** (plural: **efemérides**; del griego *ἐφήμερος*, *ephemeros*, «diario») es una tabla de valores que da las posiciones de los objetos astronómicos en el cielo en un momento o momentos dados.

<sup>5</sup> Plano de la órbita de la Tierra alrededor del Sol.

**Figura 1-1.** Sistema de Copérnico<sup>6</sup>

### 1.1.2. Egipto

Para las civilizaciones agrícolas, el conocimiento del calendario constituye un aspecto importante. Por ejemplo, el ciclo de labores agrarias en el antiguo Egipto estaba condicionado por las crecidas periódicas del río Nilo, por lo que los habitantes de dicha región aprendieron a relacionar la época del año en que sucedían las inundaciones con la observación de los fenómenos astronómicos. El llamado *orto helíaco* de Sirio, la estrella más brillante del firmamento, se producía poco antes de que comenzaran las crecidas del Nilo. En efecto, durante una parte del año Sirio deja de ser visible debido a su proximidad angular al Sol. La primera reaparición de la estrella antes de la salida del Sol recibe el nombre de *orto helíaco* (Martínez et al., 2007).

Desde el cuarto milenio a. C. los egipcios ya tenían un calendario de 12 meses de 30 días, al cual le agregaron 5 días cada año los cuales eran feriados al final de cada año. Con esto sabían que cada año no tiene un número entero de días solares y que, por lo tanto, este calendario se iba desfasando. Lo compensaban intercalando un día adicional cada cierto tiempo, como hacemos aun hoy con los años bisiestos. También llevaron registros de los eclipses y descubrieron sus periodicidades.

<sup>6</sup> De acuerdo al sistema de Copérnico la Tierra y otros planetas se mueven en órbitas circulares alrededor del Sol. Al adelantar la Tierra a Marte, este presenta un movimiento retrógrado aparente sobre el fondo de las estrellas distantes (Fuente: Sagan, 1982, página 56).

### 1.1.3. China

El desarrollo astronómico fue muy similar al de Mesopotamia y Egipto. El calendario chino era muy similar al de los caldeos y babilonios pues usaba la Luna y el sistema sexagesimal. Se sabe que los chinos hacían determinaciones confiables de la longitud, para lo cual se requiere medir el tiempo en forma precisa.

### 1.1.4. Stonehenge

En el sur de Inglaterra hay una construcción con un arreglo circular, elaborado alrededor del año 2000 a. C., de la cual se descubrió que las visuales trazadas desde el centro de este arreglo a diversas columnas de la periferia correlacionaban con posiciones del Sol, la Luna y algunos otros astros, existiendo un gran número de correlaciones positivas encontradas, lo que indica que este fue un observatorio astronómico, probablemente con fines calendáricos, (Abetti, 1992). Es posible también que los sistemas de círculos se emplearan para predecir eclipses. Varias rocas señalan direcciones de interés astronómico, como la denominada *Heel Stone* (piedra talón) al nordeste; esta es una roca con forma de cuña sobre la que sale el Sol el día del solsticio de verano. Las posiciones extremas del Sol en el horizonte en los solsticios de verano y de invierno están marcadas de manera destacada, (Martínez et al, 2007).

### 1.1.5. Los Mayas

Los pocos códigos que han quedado de los mayas no han podido descifrar completamente su escritura, pero sí se ha podido descifrar su sistema de numeración, que usaba el cero, cosa que en Europa y Asia fue un descubrimiento árabe, posterior a Babilonia, Egipto y Grecia. Gracias al conocimiento de este sistema de numeración, se ha podido llegar a tener una idea de la Astronomía maya. El calendario se basaba en tablas de efemérides de Venus, tomando un ciclo de 584 días como intervalo de dos conjunciones de Venus y el Sol. Hay indicios de que para el siglo X los mayas habían desarrollado un esquema de corrección que permitía tener en cuenta que el verdadero periodo sinódico de Venus es de 583,92 días. La precisión de estas correcciones es mejor que la alcanzada en otras partes del mundo hasta el calendario gregoriano, puesto que tenía una aproximación de dos horas en un periodo de 481 años.

El conocimiento que alcanzaron sobre las posiciones de la Luna y del Sol fue tan impresionante que pudieron desarrollar un calendario de eclipses, caso único en los pueblos indígenas.

Las observaciones de la Luna permitieron determinar su período sinódico o lunación, que es de aproximadamente de 29,5 días; situación que resolvieron alternando en su calendario lunaciones de 29 y 30 días. Este hecho indica que la Luna también fue introducida cuidadosamente en la secuencia del Calendario. Además, el conocimiento lunar era muy importante, ya que permitió a los mayas realizar predicciones de eclipses; en el Códice de Dresde se encuentra un almanaque para poder predecirlos (Murillo, 2008).

#### 1.1.6. América del Norte

Sagan popularizó el caso de la cultura *Anasazi-Pueblo* en el actual territorio de Nuevo México. Allí se encuentra una construcción alineada con la estrella polar; tiene una ventana que deja entrar la luz del Sol hasta un nicho especial (que tiene una marca en forma de espiral) que ocurre solamente en el solsticio de verano. Esta estructura tiene 28 nichos que podrían ser un intento por representar en forma aproximada el periodo de la Luna.

### 1.2. Ciencia y Tecnología

Es sorprendente que con el uso de medios simples se hubieran podido alcanzar precisiones como las de las observaciones antiguas que tenían una aproximación de 0,5 grados o menor. El uso de varillas que servían como visores, con dos agujeros y que los árabes llamaron *alidades*, permitían la medición de ángulos entre visuales con bastante precisión. La precisión de las medidas astronómicas ayudaba a mejorar también otras medidas más terrenales puesto que este tipo de instrumentos podían usarse en la agrimensura, trazado de caminos y de canales de riego y otras aplicaciones de la vida diaria.

Los estudios astronómicos fueron también el origen de la medición del transcurso del tiempo. Inicialmente con el desarrollo de relojes solares muy sencillos que, posteriormente, se perfeccionaron para dar una mayor precisión en la determinación de la hora del día.

La determinación de la duración del día y la noche se hizo inicialmente mediante la observación del movimiento de las constelaciones en el firmamento y para ello los



babilonios desarrollaron el Zodiaco, la sucesión de doce constelaciones sobre las cuales se puede trazar o referir el movimiento del Sol y de la Luna a través del año. Cada una de estas constelaciones cubre una zona de 30 grados, de manera que las 12 nos dan los 360 grados; la subdivisión del grado en 60 minutos y el minuto en 60 segundos de arco, provienen del uso del sistema sexagesimal por parte de los babilonios y la división del día en 24 horas viene de la forma como los egipcios medían la duración del día y la noche; es decir, lo que actualmente usamos es una mezcla de conocimientos egipcios y babilonios, transformados en parte en el periodo helenístico.

Los descubrimientos matemáticos eran aplicados a la Astronomía y muchos de los problemas astronómicos determinaron el planteamiento y solución de problemas matemáticos cada vez más complejos. De esta manera se establece una relación dialéctica entre el desarrollo de la astronomía de observación y el desarrollo de la matemática y la tecnología.

### 1.3. Origen del estudio de las constelaciones

Luego de que el hombre comprendió que los astros no eran dioses, descubrió fenómenos repetitivos que podía asociar con figuras que, con su aparición en las noches en lugares como el horizonte o entre dos montañas, anunciaban la llegada de lluvias, las sequías o los vientos, percatándose así, de que ciertos fenómenos periódicos de la esfera celeste estaban relacionados con el cambio de las estaciones. De esta forma las diferentes culturas fueron acumulando conocimiento y transmitiéndolo en figuras representativas de esas sociedades, como los brujos o los chamanes. Esto permitió a cada uno de esos pueblos mejorar su agricultura, aprovechar mejor los tiempos de la caza y la pesca, facilitar la navegación en el mar o la orientación en cualquier lugar. Cada cultura imaginó esas figuras en el cielo de acuerdo a sus mitos particulares.

Las constelaciones actuales han sido producto de toda una construcción que ha evolucionado desde hace mucho, reconociéndose en la actualidad que su origen se remonta a Mesopotamia, pero la mayoría de los nombres proviene de la Grecia clásica, de donde se estableció una relación entre las constelaciones y las divinidades mitológicas. Ya en *La Odisea*, Homero (siglo IX a. C.), citado por Román (2002), hace referencia a las constelaciones que usa Ulises para mantener el rumbo en su viaje de regreso a Ítaca:

*“Glorioso Odiseo, feliz con el viento, despliega las velas  
Y tomando el remo timón con maestría  
Sin que el sueño descienda a sus párpados  
Mantiene la nave sobre el rumbo  
Con su ojo avizor sobre las Pléyades  
Y el Boyero, que se oculta tarde,  
Y sobre Orión y la Osa,  
A quien los hombres llaman también la carreta,  
Que gira alrededor de un punto fijo  
Y nunca se baña en el océano”.*

Román (2002) también refiere a Hesiodo (siglo VIII a. C.) en *Trabajos y Días*; en este libro se señala a las constelaciones como las guías para ciertas actividades agrícolas y de navegación:

*“Cuando Orión y Sirio lleguen al centro del cielo, Aurora de rosados vea a Arturo y Perses, entonces corta y lleva a casa todos los racimos, exponlos al Sol durante diez días y diez noches, durante cinco cúbrelos de sombra y al sexto vierte en recipientes los dones de Dionisio, dador de alegría. Y cuando se oculten las Pléyades, Híades y la fuerza de Orión, entonces, después de recordar la labor propia de la estación sumerge el grano en la Tierra”.*

Trabajos del campo. Verano (610-615).

En la cultura griega encontramos héroes mitológicos (Hércules, Perseo, Orión, Castor, Polux y Asclepio), ninfas (las Híades y las Pléyades), animales (dos osos, tres serpientes, un escorpión, dos perros, un cangrejo, un león, una cabra, un toro, un caballo, un carnero, tres pescados, un cisne, un águila, un cuervo, una liebre, un delfín, un monstruo marino) y objetos inanimados (una corona, un triángulo, una lira, una flecha, un altar, una copa, un río, un buque y un mechón de pelo).<sup>7</sup>

En la cultura Kogi de la Sierra Nevada de Santa Marta, descrita por Román (2002), los sacerdotes tienen localizado un sitio de observación de los astros, para mirar la dirección sur – norte del perfil montañoso. Cada boquerón o cerro, marcan sitios fijos por donde aparecen el Sol y las estrellas a lo largo del año. Los accidentes geográficos, moradas de los antepasados de los Kogi, sirven como punto de

---

<sup>7</sup> Para las citas de Román (2002) la versión del Canto V de la Odisea es de Condos (1997), *Star Myths of the Greek and Romans*, paginas 21 – 24, una traducción libre del autor de la misma. Las que hace de Trabajos y Días, toma la traducción de Martin, A. & Martin, M., Madrid, páginas 80 – 87.

referencia al Mama Kogi para saber en qué momento debe realizar cada una de las actividades que le dicta la Ley de la Madre, es decir, el Sol y los astros junto con las moradas de sus ancestros van indicando las actividades que debe seguir la tribu a lo largo del año. Es así como se marcan las épocas en que se deben hacer las siembras de los cultivos, el momento de la cosecha de los alimentos, como también el momento en el que deben ser realizadas las actividades rituales muy relacionadas con el ciclo vital y los ancestros. De esta forma se integra el hombre *kogi* con el medio que lo rodea y su cosmos. Para un ejemplo del funcionamiento preciso de este sistema solar y estelar, Mayr, J., (citado por Román, 2002) menciona: cuando aparece *uha* (Pléyades) es el momento de la cosecha del aguacate, el mango, la yuca y el *kandyi*, este último representado por *Mamakandyi*, un personaje mítico, al que se le hace una ceremonia que dura seis días.

En Mesoamérica y según las diferentes etnias, las constelaciones, las estrellas y los planetas se relacionan con espíritus, plantas, animales (aves, reptiles, mamíferos terrestres y acuáticos), ancestros en diferentes estados (descansando, huyendo, mutilados, persiguiéndose, observando, castigados, etc.) y objetos de la cultura material (sobre todo objetos rituales, o elementos simbólicos de la vivienda). Es así como cada cultura acomoda la visión de su cosmos a su ambiente, según Román (2002).

La palabra constelación procede de la voz *constelato* y ésta de la locución latina *cum stellatus*, participio pasado de la locución verbal *cum stellare*, es decir, (formar) “con estrellas”. Los griegos tomaron muchos de los mitos astronómicos de los caldeos que le fueron transmitidos a través de los fenicios y cambiaron los nombres y la composición para ajustarlos a sus leyendas. Como ya se mencionó en los poemas de Homero (siglo IX a. C.) y en Hesiodo (siglo VIII a. C.) se describen algunas constelaciones. Éstas fueron aumentando con Aglaóstenes (c. 650 a. C.) que menciona a Aquila y Cinosura (Ursa Minor); Epimenides de Creta (c. 600 a. C.) que menciona a Capricornus y a la estrella Capella; Perécides de Atenas (500 – 450 a. C.) que cuenta la leyenda de Orión; Helánico de Mitilene (496 – 411 a. C.) que cuenta la historia de las siete Pléyades. Levitt y Marshall (citados por Román, 2002) afirman que Eudóxos de Cinido (c. 403 – 350 a. C.) es el primero en reseñar las constelaciones con el propósito de presentar una descripción del cielo, en un trabajo que se denominó *Phaenomena*; aquí se nombran 44 constelaciones divididas en tres regiones: norte, zodiacal y sur.

Hacia el año 200 a. C., las 44 constelaciones de Eudóxos fueron reducidas a 42 por Eratóstenes en su Estudio de los Astros al incluir las Pléyades y las Híades en Taurus. Aproximadamente 70 años después, Hiparco separó a Serpent Caput y

Serpent Cauda de Ophiuchus, a Lupus de Centaurus, a Corvus y Crater de Hydra y a las Pinzas (Khelaí, hoy la Balanza) de Scorpius, con lo que pasaron a ser 48 constelaciones, distribuidas de modo que 21 son Boreales, 12 Zodiacales y 15 Australes. En Syntaxis de Tolomeo, se recoge fielmente estos asterismos y se catalogó un total de 1028 estrellas, de las que 102 eran *amórphotoi*, es decir, “sin forma”; se indica entonces que quedan fuera del contorno imaginado para las figuras mitológicas.

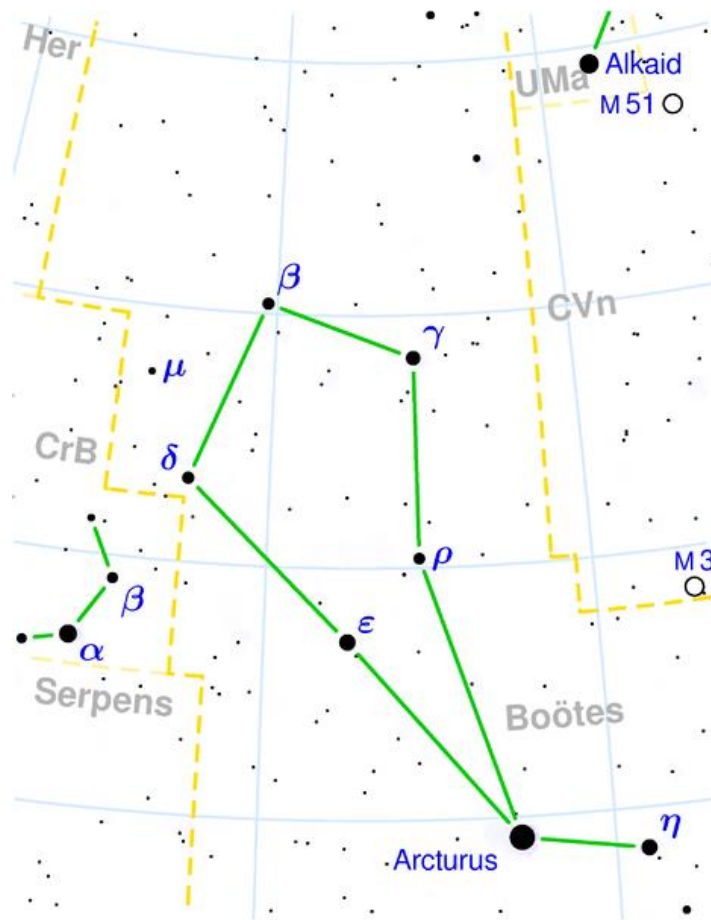
El astrónomo alejandrino Claudio Tolomeo (c. 150 d. C.) adoptó por entero y sin alteración el trabajo de Hiparco<sup>8</sup> y propuso la relación de brillo de las estrellas que se utilizó por cerca de diecisiete siglos. Los nombres de las constelaciones y estrellas principales son griegos latinizados, en su mayoría las estrellas tienen nombres de derivación árabe. Al resto, las nombraban de acuerdo con la localización de la figura imaginaria. Para enunciar un ejemplo, la descripción de Higino, en Astronomía Poética, para las estrellas del Boyero (Bootes) es la siguiente (Figuras 1-2 y 1-3):

“La figura tiene cuatro estrellas en la mano derecha; estas estrellas no se ponen. Hay una estrella brillante en la cabeza; una brillante en cada hombro; una estrella en cada pecho, la del pecho derecho es brillante. Debajo de esta última estrella hay una poco visible. Hay otra estrella en el codo derecho y una muy brillante entre las rodillas, que es llamada Arcturus; y una brillante en cada pie. En total catorce”.

Las constelaciones actuales son 88 y se indican en el apéndice 1, tabla tomada de Román (2002), de las que unas 70 pueden llegar a observarse enteras o en parte desde Europa; de ellas, 28 pertenecen al hemisferio norte celeste, y 48 al sur, a parte de las 12 constelaciones conocidas como zodiacales.

---

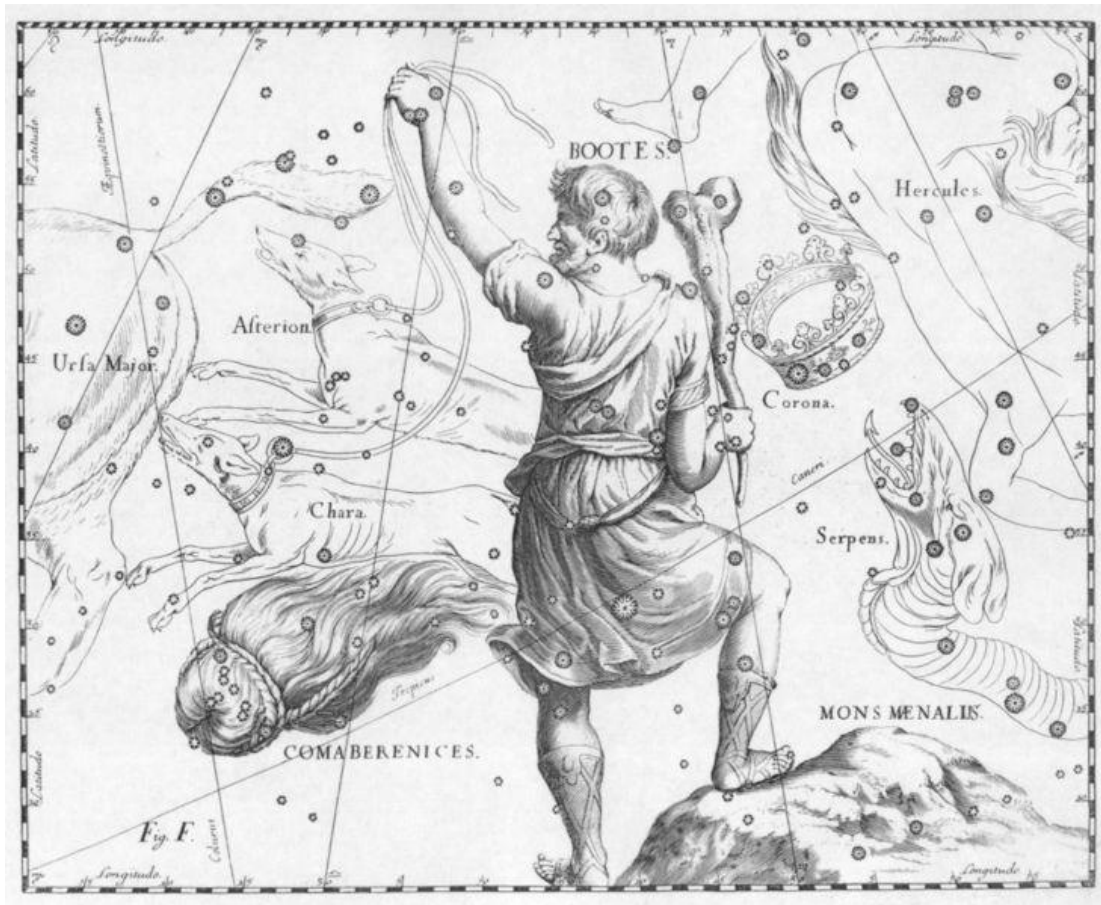
<sup>8</sup> Entre los aportes de Hiparco se destacan: el primer catálogo de estrellas; la división del día en 24 horas de igual duración, el descubrimiento de la precesión de los equinoccios; la distinción entre año sidéreo y año trópico, mayor precisión en la medida de la distancia Tierra-Luna y de la oblicuidad de la Eclíptica, invención de la trigonometría, de los conceptos de longitud y latitud geográficas y la elaboración del primer catálogo de estrellas que contenía la posición en coordenadas eclípticas de 1080 estrellas. Influyó en **Hiparco** la aparición de una estrella nova, **Nova Scorpii** en el año 134 a. C. y el pretender fijar la posición del equinoccio de primavera sobre el fondo de estrellas. Con el propósito de elaborar dicho catálogo, Hiparco inventó instrumentos tales como el teodolito, para indicar posiciones y magnitudes, de forma que fuese fácil descubrir si las estrellas morían o nacían, si se movían o si aumentaban o disminuían de brillo. Además clasificó las estrellas según su intensidad, clasificándolas en magnitudes, según su grado de brillo.

**Figura 1-2.** Mapa de la constelación Boyero<sup>9</sup>.

En un principio, los límites entre las constelaciones eran irregulares y no estaban bien definidos, por eso se hizo necesario señalar con claridad las zonas de la esfera celeste que corresponden a cada constelación. La Unión Astronómica Internacional fijó en 1928 los nombres oficiales de las constelaciones y, a la vez, estableció unas fronteras bien determinadas entre ellas, trazadas siguiendo arcos de meridianos y de paralelos celestes (Figura 1-2).

<sup>9</sup> Las líneas amarillas punteadas son los límites de las constelaciones. El mapa contiene todos los objetos Messier que existen en la zona. El Boyero es una de las constelaciones que destaca en los cielos de primavera y verano del hemisferio norte. Tiene su punto más álgido alrededor del 1 de mayo. *Arcturus*, la estrella que más destaca, está situada al noroeste de Virgo y es la cuarta más luminosa del cielo. En la mayor parte del hemisferio sur, más allá de los trópicos, sólo se puede ver una parte del Boyero, aunque la posición de *Arcturus* en el extremo sur de la constelación hace que desde latitudes medias del sur se pueda apreciar esta impresionante estrella durante los meses de otoño, debajo de Virgo, por encima del horizonte norte. Fuente: It was created by [Torsten Bronger](#) using the program PP3 on 2003/08/18.

**Figura 1-3.** Las constelaciones Boyero y Cabellera de Berenice.



Fuente: [Atlas Coelestis](#). Johannes Hevelius drew the constellation in Uranographia, his celestial catalogue in 1690. Johannes Hevelius - Scanned by: [Torsten Bronger](#) 2003 April 4.

Las constelaciones, según su localización en la bóveda celeste, se dividen en los siguientes grupos (Barberán, 2012):

- **Constelaciones ecuatoriales.** Aquellas que se sitúan sobre la línea del ecuador celeste: Canis Minor, Cetus, Delphinus, Equuleus, Monoceros, Ophiucus, Orion Scutum, Serpens, Sextans.
- **Constelaciones zodiacales.** Son las que están situadas sobre la Eclíptica: Aries, Tauro, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpius, Sagittarius, Capricornus, Aquarius, Pisces.
- **Constelaciones del hemisferio norte.** Andromeda, Auriga, Boötes, Canes Venatici, Coma Berenices, Corona Borealis, Cygnus, Hercules, Leo Minor, Lyra, Pegasus, Perseus, Sagitta, Triangulum y Vulpecula.

- **Constelaciones del hemisferio sur.** Antila, Caelum, Canis Major, Centaurus, Columba, Corona Australis, Corvus, Eridanus, Fornax, Hydra, Lepus, Lupus, Microscopium, Piscis Austrinum, Puppis, Pyxis y Sculptor.
- **Constelaciones circumpolares del hemisferio norte.** Camelopardalis, Cassiopea, Cepheus, Draco, Lacerta, Lynx, Ursa Major y Ursa Minor.
- **Constelaciones circumpolares del hemisferio sur.** Apus, Ara, Carina, Chamaeleon, Circinus, Crux, Dorado, Horologium, Hydrus, Indus, Mensa, Musca, Norma, Octans, Pavo, Phoenix, Pictor, Reticulum, Telescopium, Triangulum Australis, Tucana, Vela y Volans.

#### 1.4. Introducción al estudio de la Luna

Existen pruebas que confirman que varios pueblos han tenido a nuestro satélite natural por un ser vivo que compartía con ellos sus alegrías y tristezas. Entre estos pueblos existen poblaciones actuales en Polinesia, Melanesia, tribus del Amazonas y africanas. Los *papúes* la llamaban *Bimbaio*. En el cercano oriente cobró gran importancia el culto a la Luna: en la ciudad de Uruk adoraban a *Nik* y en algunos templos se le rendía culto a *Bilquis-Illumquh*, el dios lunar. En la patria de Abraham, la ciudad de Ur, existía un ser llamado *Nannar* al que se le rendía culto (Figura 1-4). En Egipto, en el imperio antiguo, existió un dios llamado *Khonsu* (Figura 1-5), cuyo sobrenombre era el *navegante*, al que suponían recorriendo el cielo en una barca. Más tarde *Thoth*, dios Luna, era considerado como el padre de las matemáticas y otras ciencias. Posteriormente es desplazado por *Isis*, símbolo lunar y diosa del amor. En Fenicia la diosa *Astarte*, de origen Sumerio acadio, se convierte en la homónima de Isis. En la mitología greco-latina *Selene*, hija de Hiperión, tomó el lugar de diosa lunar, para más adelante cederlo a *Artemisa* en Grecia y *Diana*, la diosa cazadora, en Roma.

En el pueblo tolteca, tenemos al dios lunar *Metzi*. En Perú encontramos a la capital del imperio Chimu a la que se llamaba *Chanchan* o *Chimorr*, que se traduce como Ciudad de la Luna. Como se puede observar, la Luna ha influido notablemente en la cultura y el comportamiento de los pueblos antiguos, afirma Violat & Sánchez (1996), los cuales utilizaban su aparición como inicio de rústicos calendarios y un fiel instrumento de medida del tiempo. Un ejemplo de esto son los pueblos nativos de Norteamérica que solían medir sus acontecimientos en lunas.

Posteriormente, a medida que la civilización se hizo más sedentaria al depender de la agricultura (con el perfeccionamiento de herramientas y sistemas de regadío), el hombre avanzó más en el conocimiento de la naturaleza y comenzó a



preguntarse de los porqués de su aparición y desaparición, además de su crecer, menguar y como presentaba los mismos rasgos al observador.

**Figura 1-4.** La estela de Ur.



**Figura 1-5.** El dios Khonsu, llamado el Navegante.



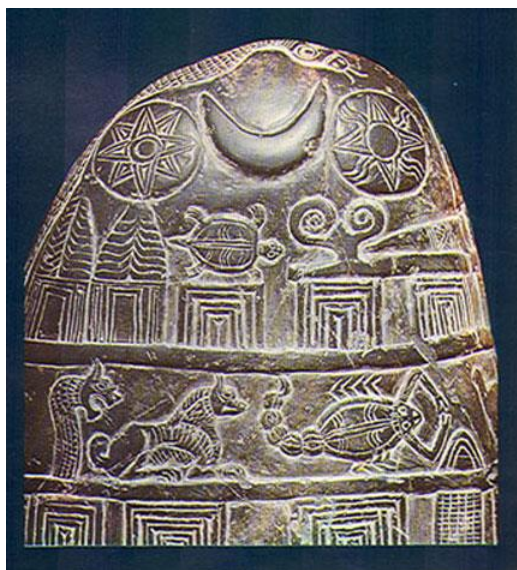
Los pueblos asirios y babilonios, reconocidos por ser excelentes observadores y matemáticos, determinaron el tiempo en su órbita alrededor de la Tierra, llegando a afirmar que el tiempo que empleaba entre dos pasos sucesivos (mes sidéreo) era más corto que el mes lunar. Los babilonios idearon una semana de siete días, tal vez por existir siete astros errantes: cinco planetas y dos grandes dioses, el Sol y la Luna. De estos pueblos se conservan los datos de los eclipses lunares y solares, el más antiguo de los cuales puede remontarse al eclipse solar del 15 de junio del 763 a. C.

Con el nacimiento de la Escuela de Alejandría, uno de sus directores, Eratóstenes de Cirene (h. 275 – 149 a. C.), dejó una obra en la que se describen sus cálculos para establecer la medición de la circunferencia de nuestro planeta (cálculos que difieren de los actuales en aproximadamente 90 km). Eratóstenes también midió la oblicuidad de la Eclíptica, compiló un catálogo con 700 estrellas y calculó datos de la Luna. Determinó la distancia Tierra-Luna en aproximadamente 1/3 del valor verdadero. Hiparco de Nicea (190 – 125 a. C.), el astrónomo más importante de la época, realizó cálculos que le permitieron estimar la distancia Tierra-Luna con



valores más exactos que los de Aristarco de Samos (310 – 230 a. C.). Con sus estudios consiguió determinar el fenómeno del paralaje, que consiste en el desplazamiento aparente de un determinado objeto con respecto a una referencia más alejada y que se produce al observarlo desde dos puntos distintos. Otra de sus obras importantes fue la elaboración de un catálogo con 1080 estrellas, las cuales dividió en seis grupos por sus magnitudes de brillo. Tres siglos después, Claudio Tolomeo (s. II) representó con bastante exactitud la teoría lunar de Hiparco, haciendo que el centro de la órbita lunar girase alrededor de la Tierra dando una vuelta completa cada nueve años. Tolomeo descubrió una segunda irregularidad lunar que actualmente recibe el nombre de *evección*, una perturbación periódica en el movimiento de la Luna causada por la atracción solar, cuyo valor es de 31,5 días. Sus cálculos situaban a la Luna a una distancia de 59 radios terrestres y pudo medir el diámetro lunar con bastante precisión. Desde la antigüedad ya se conocía la variabilidad del diámetro aparente de la luna, lo afirma Violat & Sánchez (1996); los babilonios lo habían descrito en sus tablillas (Figura 1-6), esto gracias a la astronomía observacional y aritmética de sus mediciones.

**Figura 1-6.** Piedra de Mesopotamia fechada en el siglo XI a. C.



Tales de Mileto (h. 640 – 546 a. C.), consideraba que la Luna estaba más cerca de nosotros que el Sol y que carecía de luz propia. Se dice que suponía que la Luna tenía forma aplanada y flotaba en un inmenso mar. Anaxágoras de Clazomene (500? – 428 a. C.) y Anaxímedes de Mileto (¿611 – 546 a. C.?) imaginaban la Tierra flotando en el espacio. Anaxágoras suponía que la Luna era una gran masa pétreo, con posibilidad de ser habitada, mucho mayor en extensión que la Grecia

continental y que poseía una orografía similar a la de la Tierra. Pitágoras de Samos (580 – 500 a. C.), calculó la distancia que separaba a nuestro planeta de la Luna en 126000 estadios (aproximadamente unos 23000 km) y Demócrito de Abdera (460 – 370 a. C.), atribuyó a las manchas visibles el origen de sombras de grandes montañas y cordilleras.

Aristarco de Samos (310 – 230 a. C.) fue el primero en situar al Sol en el centro del universo. La Tierra y los planetas giran a su alrededor, a excepción de la Luna, que se mueve en torno a la Tierra. Este modelo no prosperó y es hasta Copérnico con quien el heliocentrismo se asienta de manera definitiva. Aristarco atribuye a la Tierra movimientos tanto de rotación como de traslación y efectuó las primeras mediciones de las distancias Tierra – Luna y Tierra – Sol.

Durante un eclipse de Luna, Aristarco observó que, a la distancia a que se halla la Luna, el cono de sombra proyectado por la Tierra tiene una anchura equivalente al doble del diámetro aparente de la Luna. Esta observación, junto con el hecho de que la Luna y el Sol muestran discos casi del mismo diámetro angular aparente, le permitió a Aristarco trazar un diagrama que se muestra en la Figura 1-7. Mediante este esquema, Aristarco pudo determinar que el diámetro de la Tierra,  $D_T$ , era tres veces mayor que el diámetro de la Luna,  $D_L$ :

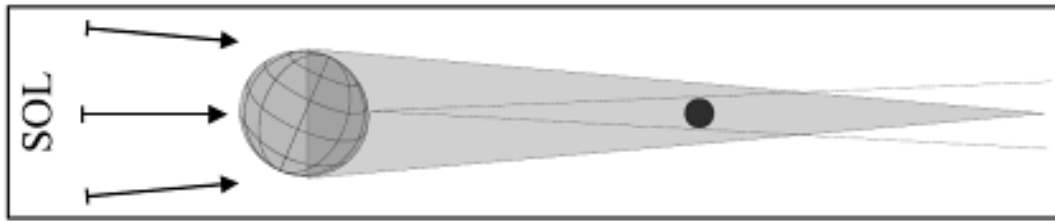
$$D_L = \frac{D_T}{3}.$$

En realidad, la relación correcta es  $D_L = D_T/3.67$ . Para Aristarco, el diámetro angular aparente de la Luna es de  $2^\circ$  (el valor correcto es de  $0.52^\circ$ ). Si se acepta que la órbita lunar es circular, su longitud corresponde a  $L_{orb} = 2\pi d_{TL}$ , donde  $d_{TL}$  representa la distancia Tierra – Luna. Entonces, si  $2^\circ$  corresponde a  $D_T/3$ , los  $360^\circ$  de la órbita completa equivaldrán a  $60 D_T$ . Por lo tanto:

$$d_{TL} = \frac{60D_T}{2\pi} \cong 9.5D_T.$$

Si se emplean los valores correctos para el diámetro de la Luna y para su tamaño angular aparente, se obtiene  $d_{TL} \approx 30 D_T$ . Si consideramos el diámetro de la Tierra,  $D_T = 12756$  km, obtendremos para la distancia Tierra – Luna el valor  $d_{TL} \approx 382680$  km. Hoy día sabemos que la distancia media es de 384400 km.

**Figura 1-7.** Cono de sombra proyectado por la Tierra durante un Eclipse de Luna.



### 1.5 Historia de las observaciones lunares

De acuerdo a Violat & Sánchez (1996), parece ser que el primer mapa lunar (hecho sin instrumental alguno) fue dibujado en el año 1600 por un aficionado inglés llamado William Gilbert (1544-1603). Sus estudios fueron publicados póstumamente en 1651 y los detalles allí plasmados coinciden bastante bien con los actuales. Con la aparición de las lentes de vidrio fue posible acercarse visualmente nuestro satélite más de lo que permitía la visión humana; es así como el primer mapa lunar dibujado con ayuda de telescopio es atribuido a Thomas Harriot en el año 1609, del que no se conserva nada. Con un instrumento más perfeccionado de 33 aumentos, Galilei nos habla, en su obra *Sidereus Nuncius* publicada en 1610 en Venecia, de observaciones realizadas a los satélites de Júpiter, las fases de Venus, la composición de la Vía Láctea, etc. De la Luna dice que presenta una superficie montañosa y desigual (Figura 1-8), describe el acortamiento de las sombras según se incrementa la edad del satélite (carta de Galileo al padre Griemberger). Denominó *mares* a las manchas oscuras y permanentes e incluso mide las alturas de algunos accidentes por la longitud de sus sombras, obteniendo cifras un poco más elevadas que las reales, errores perdonables si se tiene en cuenta lo rudimentario de sus medios y la poca calidad de sus telescopios.

Johannes Kepler (1571-1630) tuvo importancia en la fundación de la nueva ciencia dedicada al estudio de la Luna denominada Selenografía<sup>10</sup>, pues sus principios sobre el telescopio astronómico sirvieron a Galilei para elaborar sus trabajos, además de realizar su propia carta lunar, gracias al nuevo diseño de montura ecuatorial que le proporcionó el jesuita Scheiner. En el año 1645 fue Langrenio (Miguel Florent van Langren) quien trazó varios mapas lunares con bastantes detalles y bautizó con nombres de personajes ilustres de la época debido a la gran cantidad de accidentes descubiertos en la superficie lunar, lo que también hizo

<sup>10</sup> Rama de la Astronomía que estudia la Luna.

necesario elaborar un catálogo. El fraile capuchino Antón María Rheita publicó también un mapa lunar, nombrando los accidentes con letras latinas.

En 1647, Johannes Hevelius de Danzig (1611-1687), publicó una mejor descripción complementando las observaciones de Langreno con más de 300 accidentes lunares, con la particularidad de usar topónimos terrestres (Figura 1-9). Reconocido como padre del estudio lunar por su obra *Selenographia*, las mediciones efectuadas de algunos accidentes -las que coinciden con las que actualmente son tomadas por las sondas lunares-, y los grabados que ilustran estos escritos realizados por el mismo Hevelius para evitar errores de interpretación.

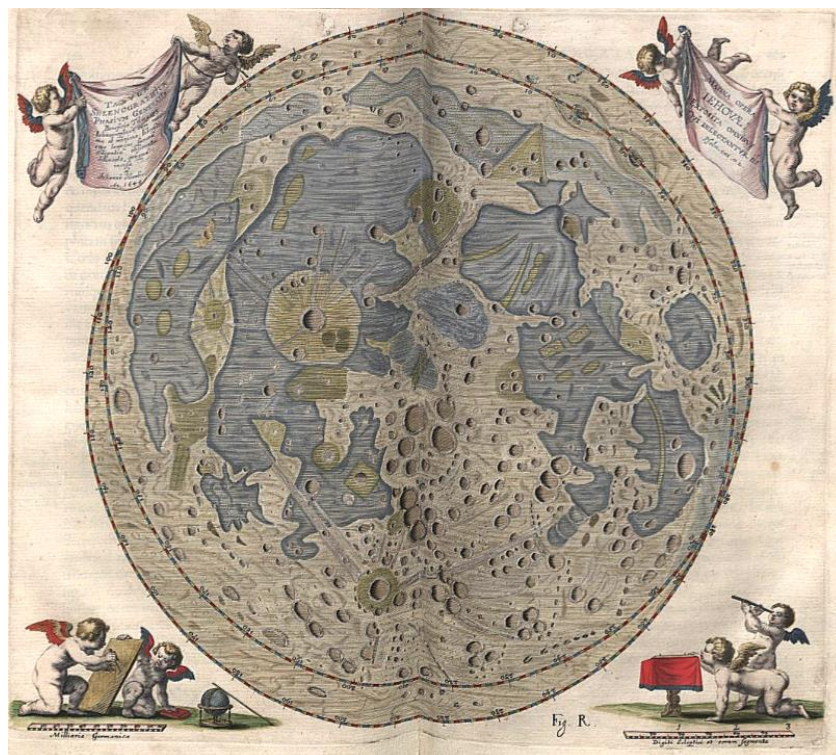
**Figura 1-8.** Dibujos realizados por Galileo en 1609 para su obra *Sidereus Nuncius*.



En 1651 se publicó *Almagestum novum* del jesuita italiano Giovanni Battista Riccioli (1598-1671), con observaciones de su alumno Francesco Grimaldi (1618-1663), en el que se dio a las montañas lunares nombres de formaciones terrestres y a los cráteres más importantes les dio nombres de astrónomos notables del pasado y de su época (Figura 1-10); este sistema ha perdurado y ha servido de modelo para incrementar la nomenclatura.

En el año de 1775 el astrónomo alemán Tobías Mayer (1723-1762) elaboró un sistema de coordenadas situando por primera vez los puntos cardinales de la forma en que hoy los conocemos: el norte abajo y el oeste a la derecha. El músico y astrónomo aficionado alemán Friedrich Wilhelm Herschel (1738-1822), constructor de telescopios reflectores, estudió también la superficie lunar, midiendo y catalogando las distintas formaciones del satélite, tarea que continuó su hijo John Herschel (1792-1871) famoso por sus estudios de cielo profundo, pues realizó un catálogo con cerca de 5000 estrellas del cielo austral con un gran reflector instalado en Cabo de Buena Esperanza.

**Figura 1-9.** Mapa lunar de Hevelius realizado en 1647<sup>11</sup>.



<sup>11</sup> Tomado Information Description=Map of the Moon engraved by Polish astronom Johannes Hevelius  
Source=[http://dziedzictwo.polska.pl/katalog/skarb,Selenographia\\_Jana\\_Heweliusza\\_\(Selenographia\\_sive\\_lunae\\_descriptio\)\\_gid,262839,cid,1688.htm?body=desc](http://dziedzictwo.polska.pl/katalog/skarb,Selenographia_Jana_Heweliusza_(Selenographia_sive_lunae_descriptio)_gid,262839,cid,1688.htm?body=desc) | Date=1645 |



En el siglo XIX se confeccionaron importantes cartas lunares: W. G. Lohrmann dispuso de su propio mapa de 97 centímetros en el año 1824. En 1837 aparece el *Mapa Selenografía* realizado por Wilhelm Beer y Johann Mädler (1794-1879) una obra maestra en cuanto a presentación; además fue completada con su libro *Der Monde (La Luna)*. Con el desarrollo de nuevos y mejores telescopios, mejores monturas y oculares perfeccionados, se logró optimizar las observaciones (Figura 1-11). Con los detallados trabajos de Beer y Mädler se pudo publicar por fin la inexistencia de vida en el satélite y anunciar al mundo que se trataba de un astro rocoso y muerto. Estas conclusiones hicieron que gran parte de los aficionados a la Luna perdieran su interés y se dedicaran a ramas distintas de la Astronomía, en el momento de la recién nacida espectrografía.

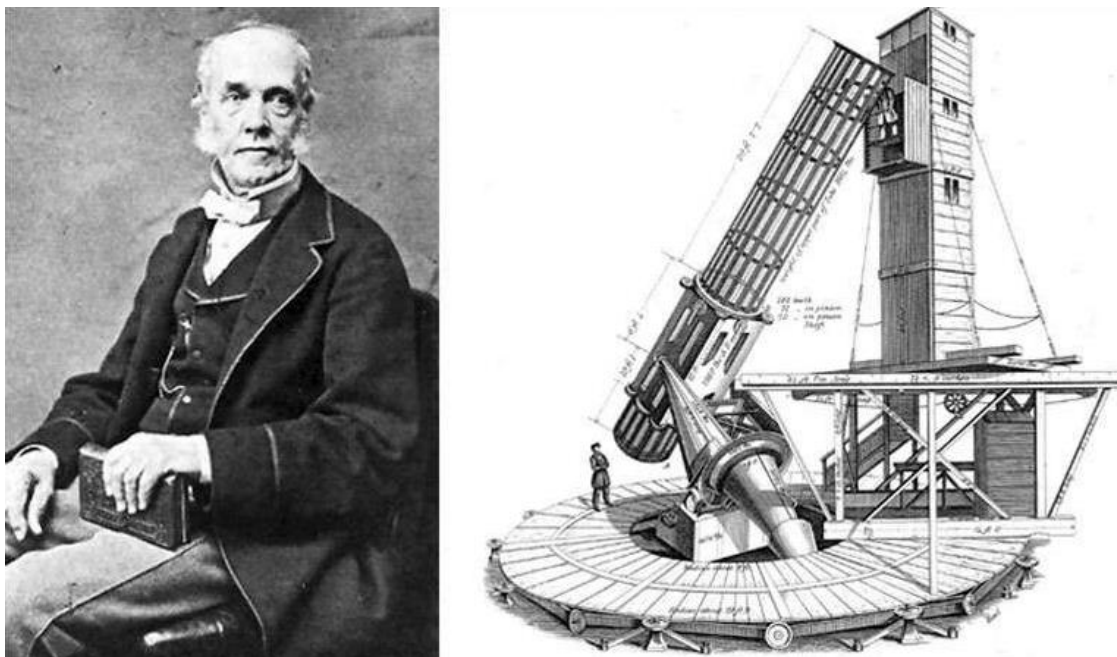
**Figura 1-10.** Mapa lunar de Riccioli realizado en el año 1651<sup>12</sup>.



<sup>12</sup> Tomado Christopher M. Graney, "126 Arguments Concerning the Motion of the Earth, as presented by Giovanni Battista Riccioli in his 1651 *Almagestum Novum*," *Journal for the History of Astronomy* 43: 215-226, 2012 [arXiv:1103.2057].

En 1876 Edmond Neison publica un volumen titulado *La Luna* en el que narra con detalle la orografía lunar telescópica en un mapa de 70 centímetros. Al mismo tiempo, la Sociedad Astronómica Británica organiza un comité con la idea de elaborar un atlas lunar. Con el descubrimiento de la fotografía, hacia 1840, John William Draper (1811-1882) realiza la que parece ser la primera imagen de la Luna. Lewis M. Ruthenford (1816-1892) elabora en 1864 un mapa fotográfico de la Luna con una ampliación de 65 centímetros de diámetro. Los franceses Loewy, Puiseux y Le Morvan, elaboran un atlas fotográfico de 70 láminas, realizado desde el Observatorio de París. En Estados Unidos, W. Henry Pickering (1859-1938), elaboró un atlas en 1904, desde el Observatorio Astronómico de Jamaica.

**Figura 1-11.** Reflector de W. Lassell<sup>13</sup>.



Entre los atlas más modernos se puede citar el de Gerard P. Kuiper de 1960, compuesto de 280 fotografías de los observatorios Yerkes, Pic du Midi, Lick, McDonald y Monte Wilson, que permite medir alturas y profundidades gracias a las sombras proyectadas por los accidentes de la superficie. En la década de los sesenta apareció el atlas de la U.S. Air Force estadounidense, formado por 85 hojas a escala 1:1000000, con ayuda de observaciones visuales y fotográficas, así como una carta geológica de 90 centímetros trazada por R. J. Hackmann. En 1959, con el lanzamiento de las primeras sondas lunares, se perfeccionan los mapas lunares y es en este instante donde las observaciones usando al ojo como

<sup>13</sup> Derecha, W. Lassell. Izquierda, Reflector de 122 cm de W. Lassell instalado en Malta en 1860.

instrumento dejan de tener peso en las cartas. Aquellas fotos que se realizaban desde la Tierra dan paso a las que son tomadas a corta distancia por las sondas soviéticas y americanas y como resultado, los mapas son más óptimos y con escalas más reducidas. Pero no todo está cartografiado en la Luna: las zonas polares estaban muy pobremente representadas y en la gran mayoría de las ocasiones al aparecer oscuras en las imágenes obtenidas por la sonda Lunar Orbiter, eran totalmente desconocidas. En el año 1988 la Asociación de Observadores Lunares y Planetarios (ALPO) de Estados Unidos, cerró una campaña “Luna Incógnita”, con la que consiguió buenos resultados en la observación de las zonas que rodean al Polo Sur, con el apoyo de muchos colaboradores de varios países.

La historia de la Selenografía ha pasado desde sus inicios por un camino difícil e imaginativo, aprovechado por los aficionados para construir de nuestro satélite todo cuanto se sabe en la actualidad, y cuya información ha sido de gran valor para conseguir poner a un ser humano sobre la Luna.

## 1.6 Los primeros intentos por alcanzar la Luna

La Luna es nuestro cuerpo celeste más cercano en el cosmos, y los humanos han explorado su superficie desde que se inventaron los primeros telescopios. La conquista de la Luna tuvo un periodo de pruebas (con sus fracasos). Es así como en los primeros vuelos fueron una acumulación de ensayo-error, los que ayudaron a poner, con el tiempo, a un ser humano en órbita y posteriormente llevarlo hasta la superficie de nuestro satélite (Figura 1-12).

El programa Luna o Lunik estuvo integrado por una serie de sondas automáticas soviéticas desarrolladas por el científico Serguéi Koroliov, dedicadas a fotografiar y estudiar la superficie de la Luna. El programa lo formaron 24 unidades, lanzadas entre el 2 de enero de 1959 y el 9 de agosto de 1976, algunas de las cuales regresaron a nuestro planeta con muestras del suelo lunar. En enero de 1959 la primera sonda soviética, una pequeña esfera plateada llena de antenas, denominada Lunik 1 (también denominada Mehta), voló junto a la Luna a una distancia de 5.995 km. Aunque Lunik 1 no impactó sobre la superficie de la Luna, como se pretendía, su dotación científica reveló por primera vez que la Luna no tiene ningún campo magnético. La nave también recuperó pruebas de fenómenos espaciales como el flujo constante de plasma ionizado conocido hoy como viento solar. Para el mismo año, Lunik 2 se convirtió en la primera nave espacial en aterrizar en la superficie de la Luna al impactar cerca de los cráteres Arístides,



Arquímedes y Autolycus. Una tercera misión lunar captó posteriormente las primeras imágenes borrosas de la cara oculta de la Luna.

**Figura 1-12.** Fotografía cortesía de la NASA, National Geographic.



Fuente: <http://www.nationalgeographic.es/ciencia/moon-exploration-article>

La Unión Soviética encabezaba la carrera hacia el espacio, y el siguiente reto era enviar personas. En esto los soviéticos también tenían ventaja, pero el reto más grande era llegar a la Luna, y esa fue la carrera que ganó Estados Unidos. Los soviéticos tuvieron un excelente comienzo en la carrera de envío de personas al espacio; sus cohetes eran suficientemente potentes para lanzar satélites grandes en comparación con los norteamericanos, que solo podían poner pocos kilos en órbita. Otra parte de este reto residía en cómo devolver al cosmonauta a casa, y ambos países llevaron a cabo misiones con éxito, y otras frustradas, con animales para comprobar procedimientos de protección y de reentrada a la atmósfera.

Los soviéticos trabajaron en secreto y seleccionaron un grupo de cosmonautas, de los cuales el elegido fue Yuri Gagarin. Los norteamericanos se sorprendieron

cuando Moscú anuncio el lanzamiento de Gagarin el 12 de abril de 1961, quien completó una vuelta a la órbita de la Tierra en 108 minutos a bordo del Vostok 1. Un mes más tarde, Alan Shepard fue el primer estadounidense en el espacio en un breve vuelo suborbital, pero nueve meses después John Glenn había conseguido ya ponerse en órbita.

En 1962 la NASA puso su primera nave espacial en la Luna: Ranger 4. La intención de las misiones Ranger eran lanzarlas hacia la Luna y que tomaran el mayor número de imágenes posible antes de estrellarse en su superficie. Desgraciadamente, Ranger 4 no pudo enviar ningún dato científico antes de estrellarse en la cara oculta de la Luna. Dos años más tarde, sin embargo, Ranger 7 fue lanzada hacia la Luna; con sus cámaras tomó más de 4.000 fotografías en los 17 minutos antes de que se estrellara contra la superficie. Las imágenes de las misiones Ranger y, en particular, las de Ranger 9, mostraron que la superficie de la Luna es irregular. Con ellas se pusieron de relieve los retos de encontrar una zona de alunizaje llana en su superficie.

En 1966 la nave espacial soviética Lunik 9 superó los obstáculos topográficos de la Luna y se convirtió en el primer vehículo en alunizar. La pequeña nave llevaba equipamiento científico y de telecomunicaciones, fotografió el panorama lunar a nivel del suelo. Lunik 10 se lanzó más tarde ese mismo año y se convirtió en la primera nave espacial que orbitó con éxito alrededor de la luna.

Estados Unidos lanza el proyecto Gemini con dos hombres, que usarían muchas de las técnicas necesarias para una misión lunar de éxito. Los soviéticos sufrieron una serie de contratiempos que los fue dejando fuera de la carrera hacia la Luna.

Las pruebas espaciales de la Surveyor (1966-68) la convirtieron en la primera nave de la NASA que realizó alunizajes controlados sobre la superficie de la Luna. La Surveyor llevaba cámaras para explorar el terreno superficial de la Luna y tomar muestras de suelo que analizaran la naturaleza de la roca y el polvo lunar. En 1966 y 1967 la NASA lanza módulos orbitales lunares diseñados para girar en círculos alrededor de la Luna y trazar un mapa de su superficie para futuras maniobras de alunizaje. En total, cinco misiones orbitales lunares fotografiaron cerca del 99 por ciento de la superficie lunar. Estas pruebas robóticas abrieron el camino para un salto hacia adelante en la exploración espacial.

El inicio del programa Apolo (Apéndice 2) fue un desastre; una bola de fuego acabo con la vida de tres miembros de la tripulación del Apolo 1 durante el ensayo de su lanzamiento en 1967. Tras varias pruebas sin tripulación y una misión en la órbita de la Tierra, el Apolo 8 dio una vuelta alrededor de la Luna en diciembre de

1968. Tras dos misiones de prueba más, el Apolo 11 completó un vuelo perfecto, y el módulo lunar Eagle aterrizó sobre el Mare Tranquillitatis de la Luna el 20 de julio de 1969: Neil Armstrong y Edwin "Buzz" Aldrin se convirtieron en los primeros hombres en alcanzar la Luna. Misiones posteriores llevaron un vehículo lunar por la superficie del satélite y han visto a astronautas pasar hasta tres días en la Luna. Cinco aterrizajes más llevaron a los astronautas a la Luna antes del fin del programa en 1972 (Ridpath, 2006). Tras los espectaculares acontecimientos de los años 60 y 70, los principales programas espaciales volvieron su atención hacia otros puntos durante varias décadas.

La década del 90 sería abierta por la misión Hiten de Japón. La misma fue exitosa; sin embargo, el sub satélite Hagoromo que debía separarse de Hiten y comenzar a transmitir por sus propios medios, falla. El satélite de comunicaciones AsiaSat 3 lanzado por una empresa privada de Hong Kong, por problemas en su puesta en órbita, quedó inutilizado para su objetivo. Tras el fallo, Hughes Global Services adquirió el satélite. Los técnicos programaron varias maniobras con sus propios motores de tal manera que tras sobrevolar la Luna en dos oportunidades el 13 de mayo (6.300 km) y 3 de junio de 1998 (34.300 km) lograron situar al satélite en una órbita geoestacionaria.

En 1994, la NASA volvió a centrarse en la Luna. La misión Clementine realizó con éxito un mapa de la superficie de la Luna en varias longitudes de onda, bajo luz visible, en ultravioleta e infrarrojo. El Lunar Prospector (1999) orbitó la Luna en busca de pruebas de la existencia de hielo en los polos lunares. El Prospector también exploró el campo gravitacional de la Luna y volvió a trazar el mapa de su superficie. La nave fue estrellada intencionadamente en la Luna con la esperanza de levantar una columna de humo que pudiera rendir evidencia de hielo, pero no se observó nada.

El nuevo milenio (2000 – 2009) comenzaría con la primera misión Selene de la ESA, la Agencia Espacial Europea. Japón suma su segunda misión exitosa con el orbitador SELENE Kaguya (SELENE, por Selenografía y el Explorador de Ingeniería), de la Agencia Espacial Japonesa (JAXA). El objetivo principal de la misión es un estudio global de la Luna; la obtención de datos sobre la abundancia de elementos, composición mineralógica, la topografía, la geología, la gravedad y los entornos de plasma solar y lunar-terrestre y el desarrollo de tecnologías críticas para la futura exploración lunar. La misión consta de tres satélites, un orbitador que contiene la mayor parte del equipo científico. China entra en escena con Chang'e 1. India lanza una misión doble: Chandrayaan-1 / Moon Impact Probe que no solo es exitosa, sino que logra entrar en la historia de la exploración lunar

al aportar las primeras evidencias de algo ya sospechado: la existencia de agua en la Luna.

Para el final de la década, Estados Unidos lanza una misión triple: LRO y LCROSS que da un nuevo éxito para la NASA. La misma constaría de un orbitador y dos impactadores (LCROSS). El primero de ellos se estrellaría el 9 de octubre de 2009 en el cráter Cabeus haciendo saltar unas 10.000 toneladas de material. La sonda LCROSS seguiría la misma trayectoria tomando datos hasta colisionar finalmente contra la superficie lunar 4 minutos después. Los datos obtenidos confirmaron la existencia de agua en la Luna.

Actualmente se encuentran en desarrollo tres misiones: la Chang'e 2 de China, los orbitadores gemelos Gravity Recovery and Interior Laboratory A y B estadounidense que están haciendo un mapeo gravitacional de alta resolución de la Luna que permitirá aportar importante información sobre su constitución interior y una misión "reciclada" denominada ARTEMIS (Acceleration, Reconnection, Turbulence and Electrodynamics of the Moon's Interaction with the Sun) P1 y P2 que en realidad consiste en la reutilización de dos de los cinco satélites THEMIS lanzados en 2007 y que habían concluido con su misión. Los mismos fueron reubicados en los puntos de Lagrange Tierra - Luna P1 y P2 con el objeto de estudiar la interacción entre nuestro planeta y su satélite natural con respecto al viento solar.

## 2. ASPECTOS DISCIPLINARES

### 2.1. El ojo como detector en Astronomía

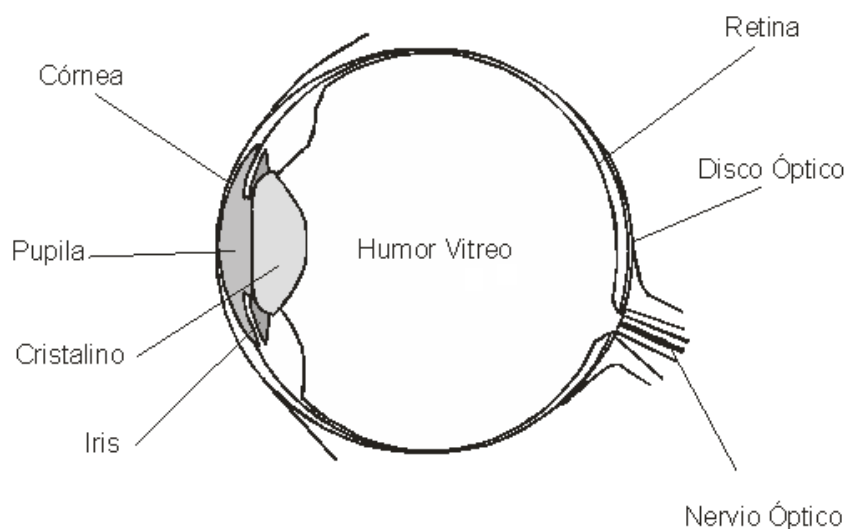
A lo largo de miles de años los seres humanos han observado el firmamento. Durante casi todo ese tiempo el único detector de luz usado ha sido el ojo, tanto para medidas cualitativas como cuantitativas.

El ojo es un órgano aproximadamente esférico, de unos 2,5 milímetros de diámetro, formado por una cavidad rellena de un fluido denso y transparente, el humor vítreo. Esta esfera conocida como globo ocular cuenta con una ventana en el polo frontal dotada de una combinación de lentes: la córnea y el cristalino. Estas lentes recogen la luz del exterior y la proyectan sobre el interior de la pared opuesta al globo ocular (Figura 2-1). La imagen que se forma en esta especie de pantalla es captada por el verdadero detector de luz, el tejido de la retina, una capa de células sensibles a la radiación y que convierten la luz en impulsos nerviosos que el cerebro interpreta (Martin, 1998).

Los ojos no son un ejemplo de aparato óptico de gran precisión; Galadí-Enriquez & Canudas (1998) sostienen que la estructura y funcionamiento del ojo revelan multitud de defectos incluso en condiciones normales, como la distorsión o la aberración cromática. Pero, a pesar de esto, nuestro sistema visual nos proporciona una percepción del entorno de calidad más que aceptable. Las virtudes de nuestro sistema perceptual se encuentran más en el mecanismo de análisis de datos incorporado en el cerebro que en las propiedades del ojo como detector. Sin embargo, este dispositivo cerebral de información es el origen, también, de algunas de las características que hacen poco fiable al sistema visual humano para el trabajo científico objetivo. Los mecanismos que elaboran y reconstruyen la información son llevados al engaño con mucha facilidad en determinadas circunstancias, como lo ilustran obras de psicología de la percepción al referirse a las *ilusiones ópticas*, la mayoría de las cuales están causadas por el cerebro. Estos mismos mecanismos que en condiciones aceptables permiten reconocer y analizar el entorno, llevan a una mala interpretación de formas, tamaños, colores y distancias en situaciones alejadas de la experiencia cotidiana. Es por esta razón que al tratar de conseguir resultados objetivos en Astronomía, la observación visual no es fiable. No obstante, hasta tiempos muy recientes el ojo

fue el único recurso con que se contaba para la observación del cielo, y con él se realizaron importantes descubrimientos, entre ellos el de las leyes que rigen el movimiento planetario planteadas por Kepler en el siglo XVII.

**Figura 2-1.** El ojo humano.



Fuente: Tomada <http://gavab.escet.urjc.es/wiki/vc/Tema1-2>

La información más obvia e inmediata que proporciona la observación visual directa son las posiciones de los objetos celestes y estas observaciones están condicionadas por las características del ojo. El ojo tiene una resolución angular limitada: no permite distinguir detalles más pequeños que un minuto de arco y, al padecer de algún defecto visual (miopía, astigmatismo, etc.), se empeora este umbral. Otra limitación es la que concierne a la intensidad: hay infinidad de objetos celestes que, por su débil brillo, no se detectan a simple vista.

El telescopio constituyó un avance grandioso en la Astronomía, pues permitió superar las limitaciones antes comentadas (resolución angular y límite de brillo). Desde entonces, detalles del cielo inferiores al minuto de arco son accesibles al estudio astronómico, como los discos de los planetas, los cráteres lunares, las estrellas dobles, las galaxias lejanas, etc. A su vez se hizo posible observar una gran cantidad de astros débiles desconocidos hasta la época, desde el cercano sistema solar (nuevos planetas, asteroides) hasta lo más alejado en el universo. No obstante, desde la invención del telescopio hasta finales del siglo XIX, el telescopio se usó como un instrumento óptico para amplificar el poder visual del ojo, es decir, que el rendimiento científico último de las observaciones permanecía

limitado por la fisiología humana. En la actualidad existen otros instrumentos como la CCD, el fotomultiplicador, la placa fotográfica, entre otros.

El ojo tiene cierta capacidad para distinguir el color de las cosas. El concepto perceptual del color está relacionado con el espectro de la radiación (Martin, 1998), es decir, la cantidad de radiación que se recibe de cada longitud de onda procedente de la fuente luminosa determinada. La longitud de onda  $\lambda$  (lambda), definida como la distancia que separa dos crestas consecutivas de una onda. Otra manera de caracterizar una onda es mediante su frecuencia  $\nu$  (nu), que representa el número de crestas de onda que pasa por un lugar determinado en la unidad de tiempo. Si  $c$  es la velocidad de la onda (la luz), la relación entre estas cantidades se establece por:

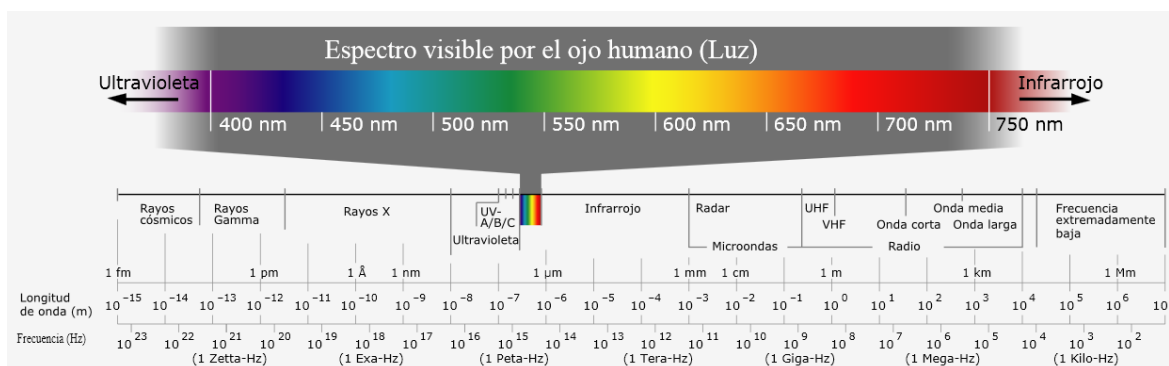
$$\nu = \frac{c}{\lambda}.$$

Cuanto mayor sea la proporción de la luz de longitudes largas (frecuencias bajas), más rojizo es el color que se percibe, mientras que si predominan las ondas cortas (frecuencias altas), el tono tiende al azul o al violáceo (Figura 2-2). La capacidad del ojo para analizar la composición espectral de la luz es muy rudimentaria, como se puede ver en la tabla del espectro visible por el ojo (Figura 2-2), es muy difícil percibir con claridad los colores distintivos de las estrellas, aunque sus espectros presentan diferencias muy notables cuando se analizan en detalle. La información cromática suministrada por los ojos es cualitativa, difícil de examinar y dependiente de multitud de factores haciendo que las descripciones resultantes sean extremadamente subjetivas y de relativo valor científico.

El análisis del espectro de los astros mejoró de manera considerable con la invención del espectroscopio, dispositivo que permite descomponer la radiación en gran detalle y medir sus constituyentes. Con los precedentes de Isaac Newton y W. H. Wollaston (1802), fue Joseph Fraunhofer (1787-1826) quien construyó y aplicó a la Astronomía el primer espectroscopio, y con él descubrió la distribución general de energía del espectro solar y la multitud de rayas oscuras que lo atraviesan (las rayas de Fraunhofer). El espectroscopio se utilizó para estudiar al Sol, la Luna, los planetas y otros astros brillantes; pero, al igual que el telescopio, este instrumento se empleó en sus inicios para amplificar las capacidades del ojo humano como detector para el análisis de los colores componentes de la luz. A pesar de contar con este instrumento, los resultados científicos seguían encontrando como límite la fisiología del ojo. El espectroscopio proporciona al ojo un medio para distinguir incluso de manera cuantitativa millones de tonalidades puras distintas, pero solamente dentro del rango de colores que la vista humana es capaz de detectar, es decir, solo el intervalo llamado *luz visible* (entre

$780 \times 10^{-9}m$  y  $390 \times 10^{-9}m$ ) afecta la retina humana. Dentro de este intervalo estrecho de longitudes de onda está contenida toda la información que el sentido de la vista nos proporciona acerca del mundo exterior.

**Figura 2.2.** El espectro electromagnético y la luz visible.



Fuente: Tomado Author: Horst Frank, with some modifications by Jailbird original SVG version: <http://www.zeitmaschinen.com/svg/Spektrum.svg> Date of creation: 15 Feb 2006

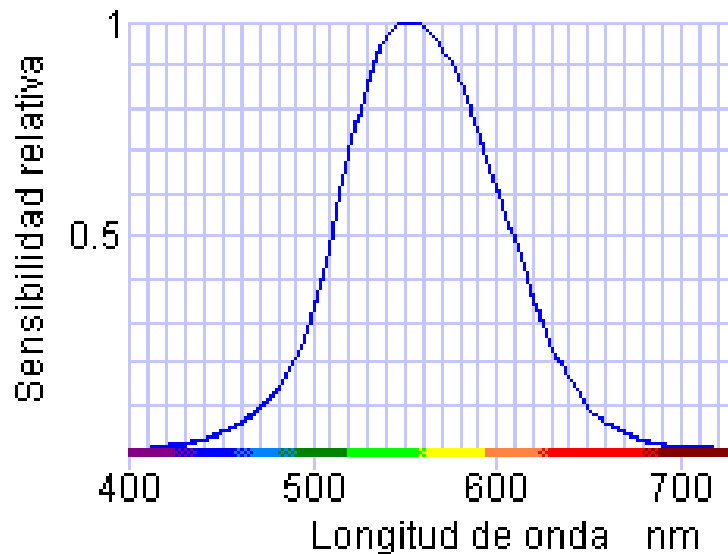
La sensibilidad del ojo no es uniforme ni siquiera dentro de las longitudes de onda de luz visible. El ojo es sensible a la luz con una longitud de onda en torno a  $555 \times 10^{-9}m$ , en la región del color verde (Figura 2-3). Pero es más allá del violeta y más acá del rojo que los objetos celestes emiten gran cantidad de ondas electromagnéticas que contienen información muy valiosa sobre el universo y que queda inaccesible al ojo por más instrumentos que se utilicen.

Pero también hay condiciones que la técnica moderna aún no ha sido capaz de igualar. La más interesante es su gran rango dinámico: la vista es capaz de producir información útil en una variedad enorme de intensidades luminosas y no existe por el momento un detector astronómico artificial capaz de semejante labor. La escala empleada en Astronomía para la medida del brillo de los astros, el sistema de magnitudes, incorpora esta característica de la percepción visual humana. El sistema de magnitudes fue establecido en Asia Menor por Hiparco de Nicea (alrededor del año 130 a. C.). Hiparco ordenó las estrellas visibles en seis clases o magnitudes, según su brillo aparente: las más brillantes eran de primera magnitud, y las más débiles a la vista eran de sexta magnitud. En 1856 Norman Pogson realizó medidas que mostraban que, según el sistema de magnitudes tradicional, las estrellas de primera magnitud eran unas 100 veces más brillantes que las de sexta. Aunque en Astronomía moderna muy pocas observaciones se



realizan ya empleando el ojo como detector, continúa en vigor este sistema de medida de brillos, basado en la fisiología y psicología humanas.

**Figura 2-3.** Curva de sensibilidad espectral del ojo humano<sup>14</sup>.



## 2.2. Guía para observar las constelaciones

### 2.2.1 Conceptos básicos

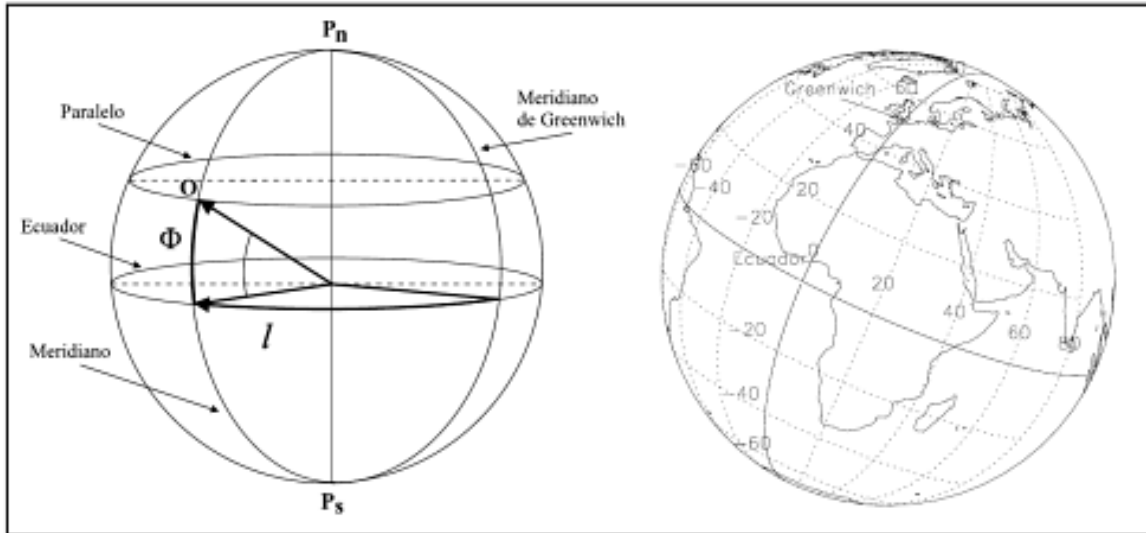
#### 2.2.1.1 La Tierra

Martínez et al., (2007) define *círculo máximo* de una esfera como todo círculo trazado sobre esa esfera que tenga el mismo radio y centro que ella; un *círculo menor* es un círculo trazado sobre esa esfera, pero de radio menor que el de la esfera y cuyo centro no coincide con esta. Cualquier posición sobre la superficie terrestre queda determinada por dos coordenadas esféricas. La Tierra gira de oeste a este alrededor de un eje que pasa por el centro del planeta y emerge por los polos norte y sur. El plano perpendicular a este eje y que corta la Tierra pasando por su centro se denomina *plano ecuatorial*. La intersección del plano ecuatorial con la superficie terrestre determina un círculo máximo conocido como *ecuador terrestre*. El ecuador divide la Tierra en dos hemisferios, el norte o boreal y el sur o austral. Al cortar la Tierra en planos paralelos al ecuatorial se obtienen unos círculos menores paralelos al ecuador terrestre, conocidos como *paralelos*

<sup>14</sup> La vista alcanza su máximo de sensibilidad en torno a la longitud de onda de 555 nm, en la zona espectral de los tonos verdes.

terrestres. Los círculos máximos trazados sobre la Tierra que pasan por ambos polos, todos perpendiculares al ecuador, son los *meridianos terrestres* (Figura 2-4).

**Figura 2-4.** Latitud y Longitud de un lugar.<sup>15</sup>



La *latitud*  $\Phi$  de un punto es el ángulo (medido a la largo del meridiano que pasa por ese punto) que tiene como vértice el centro de la Tierra y que va desde el ecuador hasta el punto considerado. Esta se mide en grados y adopta valores desde  $0^\circ$  (ecuador) hasta  $+90^\circ$  (polo norte) en el hemisferio boreal, y desde  $0^\circ$  (ecuador) hasta  $-90^\circ$  (polo sur) en el hemisferio austral. También se usan las letras N y S tras el valor numérico de la latitud, para no emplear signos. Se precisa de otro ángulo coordenado para determinar la posición de un punto sobre la superficie de la Tierra, para esto se define un meridiano de origen. Por razones históricas se usa para dicho fin el meridiano que pasa por el Observatorio Real de Greenwich, cerca de Londres. La *longitud*  $\lambda$  de un lugar es el ángulo medido entre el meridiano de origen y el meridiano que pasa por el sitio en cuestión. Suele medirse en grados, y por el camino más corto entre el meridiano de origen y el meridiano del lugar. Entonces, adopta valores desde  $0^\circ$ , en el meridiano de Greenwich, hasta  $180^\circ$ , especificando si se ha medido hacia el este o el oeste. De esta manera, por ejemplo, Bogotá, se encuentra en  $\Phi = 4^\circ 35' 53''$  N, y  $\lambda = 74^\circ 4' 33''$  W.

<sup>15</sup> A la izquierda se representa la latitud y la longitud de un lugar. A la derecha, sobre la superficie terrestre, se observa el ecuador y algunos paralelos y meridianos, entre ellos el de Greenwich.

### 2.2.1.2 La Esfera Celeste

Román (2002) define a la Esfera Celeste (Figura 17) como una esfera imaginaria de radio infinito con la Tierra en su centro. Si proyectamos las coordenadas de la Tierra sobre esta esfera, se obtiene el Polo Norte Celeste, el Polo Sur Celeste y el Ecuador Celeste. La intersección del plano de un meridiano terrestre y la esfera celeste se conoce como Meridiano Celeste y es el círculo máximo a través de los polos celestes (Figura 2-5). Para Portilla (2001), la esfera celeste o bóveda celeste, es una esfera de radio unitario, tal que cualquier escala de distancia en el sistema solar, resulta ser totalmente imperceptible frente al radio de la esfera celeste. En la Encyclopædia Britannica, citada por Portilla (2001), al igual que Román (2002), prefieren describir la esfera celeste como una superficie aparente de los cielos a distancia infinita de la Tierra y en la superficie de la cual las estrellas aparecen como fijas. Esta superficie esférica aparente es una construcción matemática que sirve para determinar las posiciones aparentes de los cuerpos celestes a través de sus proyecciones sobre la esfera (Martínez et al., 2007).

La esfera celeste se clasifica según el punto donde se define conceptualmente el centro de la misma:

- Topocéntrica: con centro en el observador.
- Geocéntrica: con centro en el centro de la Tierra.
- Heliocéntrica: con centro en el centro del Sol.
- Baricéntrica: con centro en el centro de gravedad de un sistema.

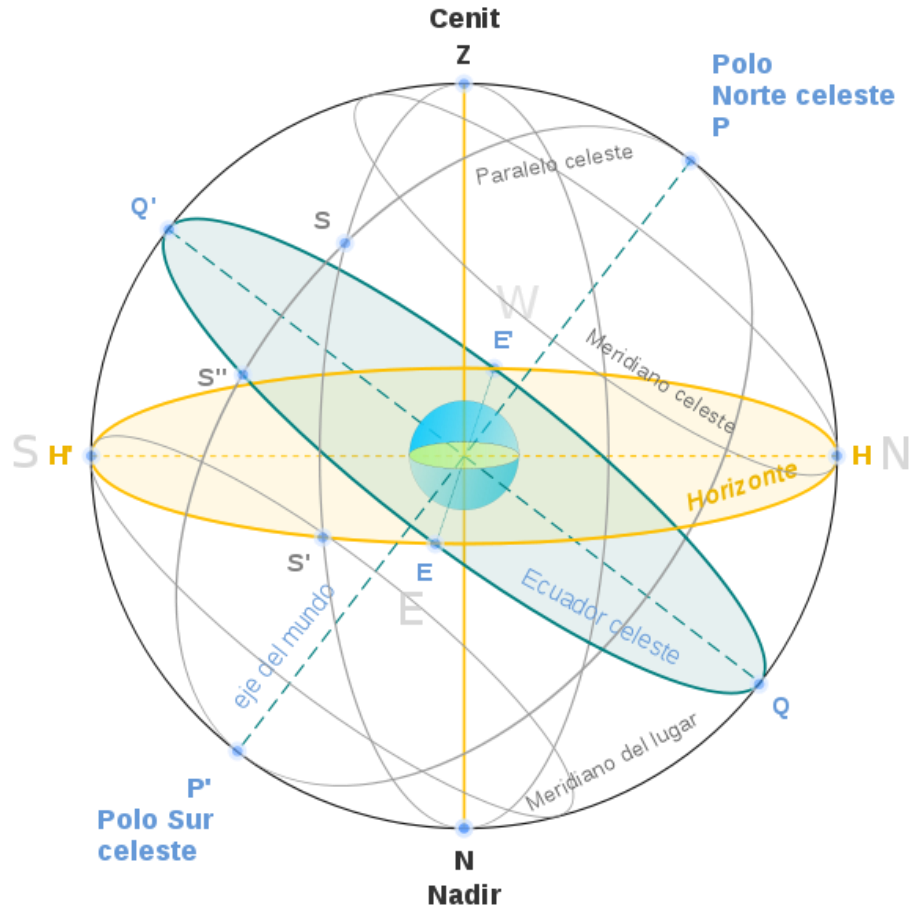
El punto en la esfera celeste que se encuentra encima del observador se denomina el zenith (o cenit) y el punto verticalmente opuesto, el Nadir. El Círculo Horario es un círculo máximo que pasa por los polos celestes y un punto o astro<sup>16</sup> de la esfera celeste; además, parte la esfera celeste en dos hemisferios. Es similar al Meridiano Celeste; pero, a diferencia de éste, que permanece fijo, el Círculo Máximo rota con el astro alrededor de la Tierra. La esfera celeste tiene un movimiento de rotación de este a oeste con un periodo de un día, llamado *movimiento diurno*, que consiste en una rotación aparente debida al giro de la Tierra alrededor de su eje, de este a oeste. Este movimiento se verifica en torno a un eje paralelo al eje terrestre que recibe el nombre de *eje del mundo*. El eje del mundo pasa por la posición de observación y corta la esfera celeste en dos puntos, los polos norte y sur celestes. Se destaca que, por construcción, las

---

<sup>16</sup> Se llama genéricamente astro a cualquier objeto celeste.

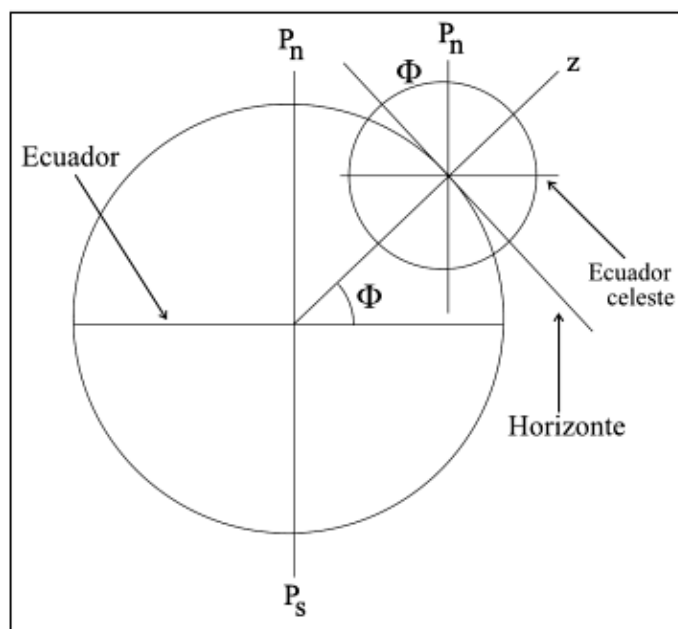
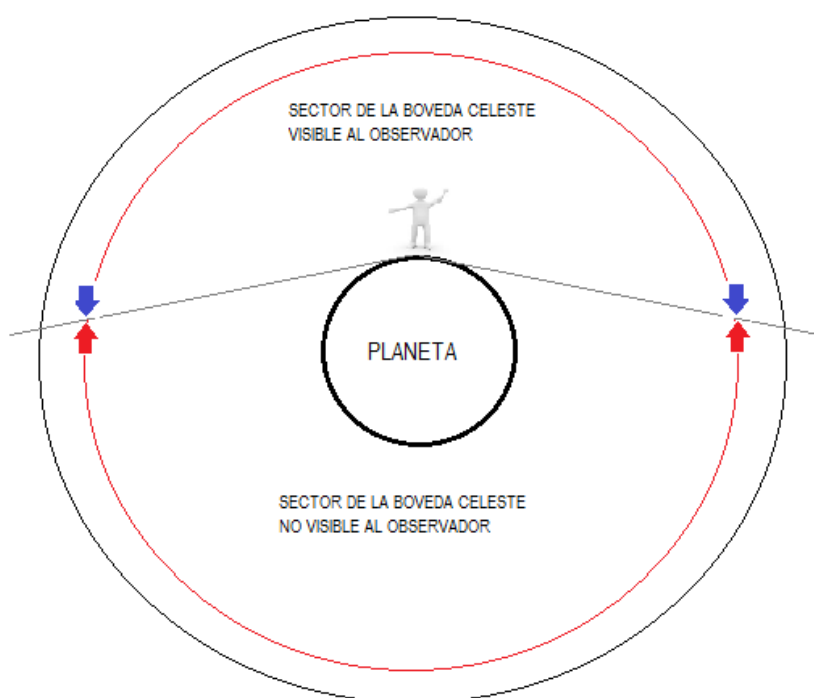
direcciones que apuntan hacia estos polos en la esfera celeste coinciden con las direcciones hacia los polos terrestres (Figura 2-5 y 2-6).

**Figura 2-5.** Esfera Celeste<sup>17</sup>.



Un observador situado sobre la superficie de la Tierra (Figura 2-6 y 2-7) que, comparado con objetos cotidianos, o con nosotros mismos, es un cuerpo de inmensas dimensiones. Este hecho hace que cualquier persona que observe el cielo vislumbre (suponiendo que no hay nubes u otros objetos naturales o artificiales que estorben su visión) el siguiente panorama: él, ubicado en el centro de un gran disco rodeado de forma simétrica por una enorme cúpula semiesférica (media esfera) de color azul (en el día) o negra con puntos luminosos (en la noche).

<sup>17</sup> Como las coordenadas de la Esfera Celeste son proyecciones de los Meridianos y Paralelos de la Tierra, existen porciones de la Esfera Celeste que no podrán ser observadas por personas ubicadas en el Hemisferio Norte de la Tierra y viceversa.

**Figura 2-6.** Sección de la Esfera Celeste (circunferencia pequeña)<sup>18</sup>.**Figura 2-7.** Observador situado en la superficie de un planeta<sup>19</sup>.

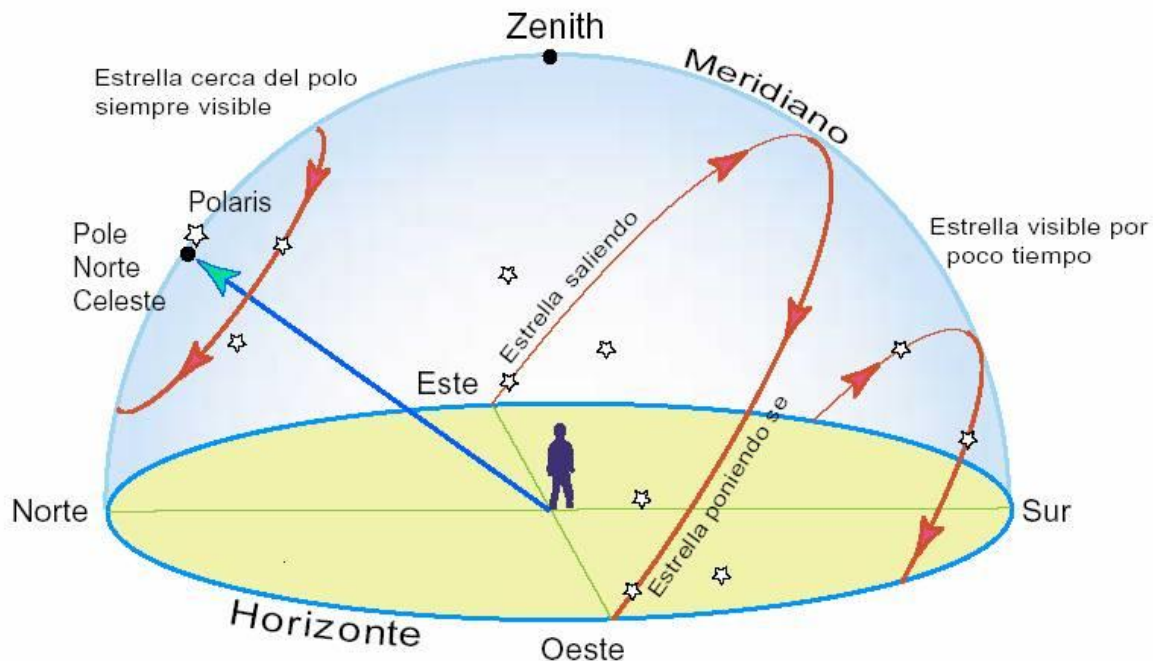
<sup>18</sup> Para un observador situado a una latitud  $\Phi$ , con indicación del plano horizonte, la dirección de la vertical, el plano del ecuador celeste y la dirección del polo norte. La circunferencia grande representa una sección de la esfera de la Tierra.

<sup>19</sup> Copiado del original. Portilla, J. (2001). Elementos de astronomía de posición, Página 48.

De acuerdo a las Figuras 2-7 y 2-8, el horizonte es lo que le demarca al observador qué es lo que puede observar de la bóveda celeste y qué no. Es decir, el estar ubicado en la superficie de un planeta implica que un observador no puede contemplar sino apenas la mitad del cielo para un instante dado, el mismo planeta impide observar la otra mitad. Esto sigue siendo más o menos válido para observadores que están ligeramente alejados de la superficie de la Tierra, como un piloto ubicado en un avión o un astronauta situado en una estación espacial a varios centenares de kilómetros de altura (Portilla 2001).

Al observar la bóveda celeste de día, cuando el Sol es visible para el observador, notamos que el cielo es de un color azul. De día las estrellas y los planetas son imposibles de ver en condiciones normales. En ausencia del Sol, el cielo toma una coloración negra y los astros que pasan desapercibidos en el día comienzan a observarse, como los planetas y las estrellas. Un observador ubicado lejos de la superficie de un planeta no tiene ningún tipo de inconveniente en observar el 100% del cielo que lo rodea por completo. Estrellas, planetas, el Sol y la Luna están al alcance de su visión de manera permanente (Portilla, 2001).

**Figura 2-8.** Cielo visible al observador

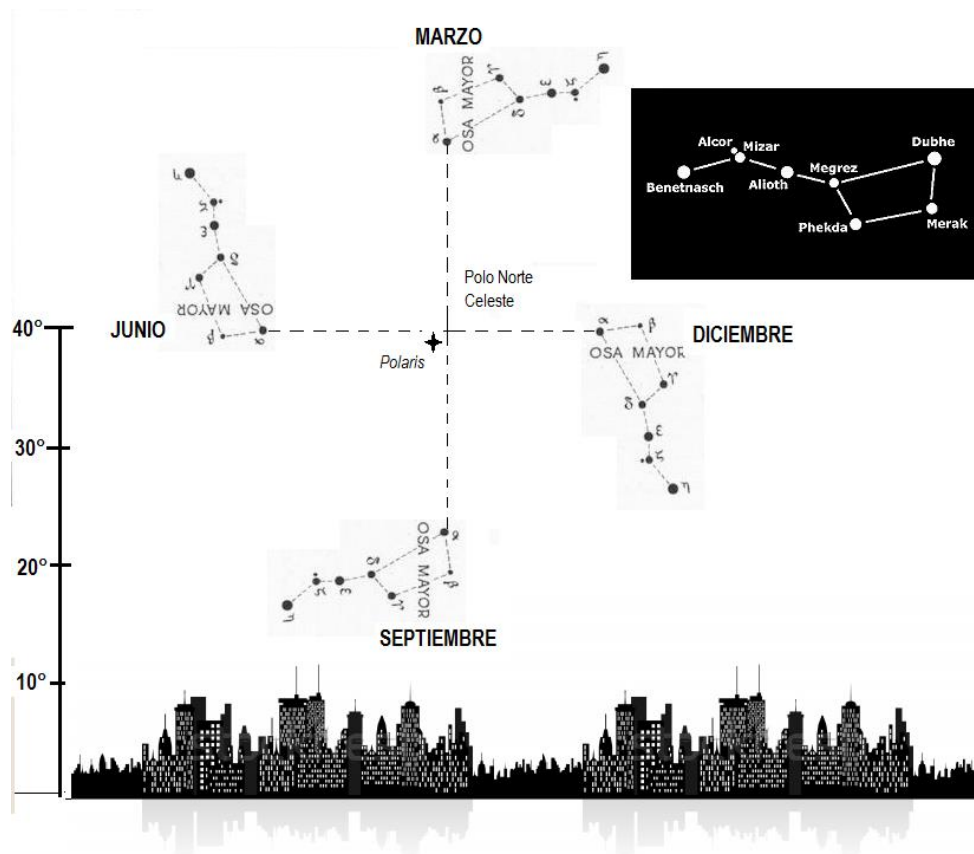


Fuente: [http://www.astro.ugto.mx/LaLuz/conceptos\\_basicos\\_files/Esfera\\_celeste.htm](http://www.astro.ugto.mx/LaLuz/conceptos_basicos_files/Esfera_celeste.htm)

### 2.2.1.3 Orientarse en la esfera celeste

Para orientarse hay que pensar que las estrellas y constelaciones están fijadas en una bóveda, que gira sobre nosotros con dos polos diametralmente opuestos; polo norte celeste y polo sur celeste. Para ubicar los polos celestes, que coinciden con los polos terrestres, hay que tomar como punto de referencia estrellas y constelaciones que son claves. En el Norte, por ejemplo, está la *Ursa Major*, la Osa Mayor, constelación en la cual se destacan siete estrellas que se reconocen a simple vista. Es una constelación circumpolar, es decir, que por su vecindad con el polo norte celeste siempre giran alrededor de él. Merak y Dubhe, dos de las estrellas de esta constelación, apuntan directamente hacia la estrella Polaris (Figura 2-9) la cual casi coincide exactamente con el polo norte celeste. Si prolongamos cinco veces la distancia que hay entre las dos estrellas de referencia de la Osa Mayor siempre hallaremos la estrella Polar (Puerta, 1997).

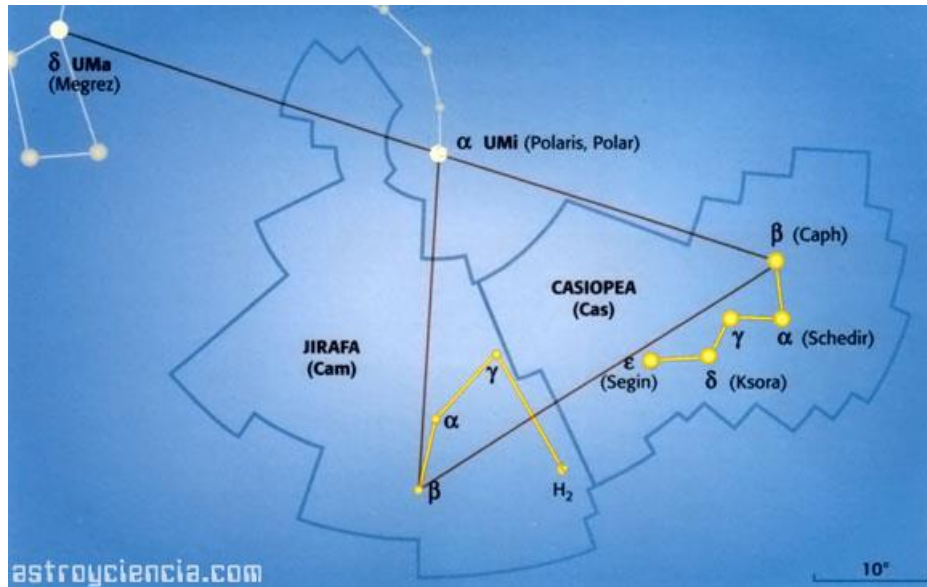
**Figura 2-9.** El polo norte celeste<sup>20</sup>.



<sup>20</sup> El polo norte celeste. La Osa Mayor da un giro completo alrededor del polo norte celeste y de la estrella Polar en un año. Esta vista corresponde a un punto de observación situado a 40° en el hemisferio norte en cuatro estaciones del año a las 12 pm.

El Ecuador Celeste es una proyección del ecuador terrestre sobre la esfera celeste. Aquellos observadores situados en las vecindades del ecuador terrestre ( $0^\circ$  de latitud) podrían ver todas las estrellas y constelaciones rotando a lo largo del año, con los polos norte y sur situados muy bajos en el horizonte.

**Figura 2-10.** Posición de Casiopea con respecto a la estrella Polar.



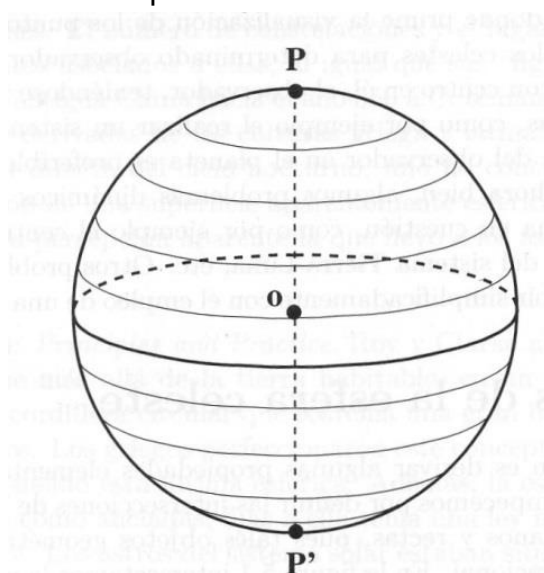
Fuente: <http://www.astrociencia.com/2012/01/14/localizar-la-constelacion-de-casiopea-cas-y-la-jirafa-cam/>

#### 2.2.1.4 Propiedades de la Esfera Celeste

1. El plano que contiene al centro de la esfera, el círculo obtenido por el corte de la esfera celeste con dicho plano, es un círculo con radio igual al radio de la esfera celeste, que para este caso es unitario ( $r=1$ ). Estos círculos como ya se mencionó, círculos máximos, mientras aquellos menores que la unidad se nombrarán círculos menores. Por lo tanto, una familia de círculos es aquel conjunto de círculos generados por una familia de planos paralelos, perpendiculares a una recta común y solamente uno es el círculo máximo; los demás son menores. (Figura 2-11).

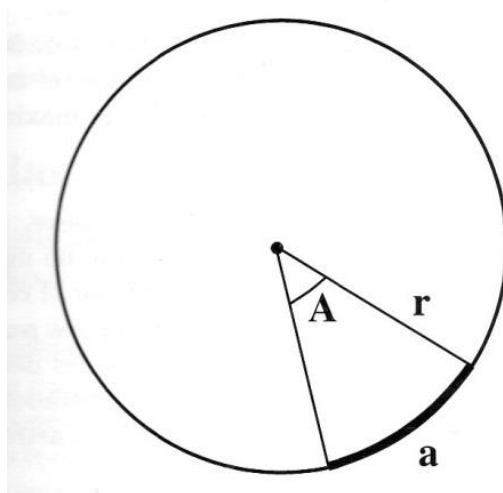


**Figura 2-11.** Familia de círculos paralelos<sup>21</sup>.



2. Definir el radio de la esfera celeste como unitario nos permite afirmar que el ángulo medido en el centro de la esfera corresponde a un arco de igual valor sobre la esfera. (Figura 2-12).

**Figura 2-12.** Radio de la esfera celeste.<sup>22</sup>

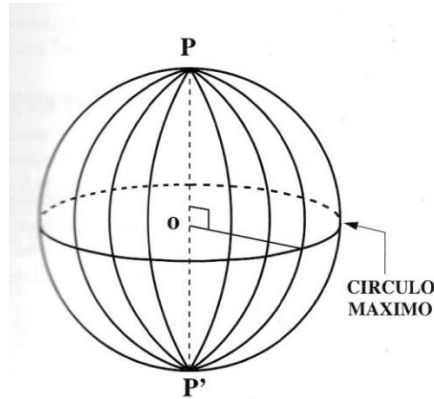


<sup>21</sup> Una familia de círculos paralelos es generada por un conjunto de planos perpendiculares a una sola línea recta (Fuente: Portilla, 2001 página 84).

<sup>22</sup> El definir el radio de la esfera celeste como unitario nos permite afirmar que el ángulo medido en el centro de la esfera celeste corresponde a un arco de igual valor sobre la esfera celeste (Fuente: Portilla, 2001 página 85)

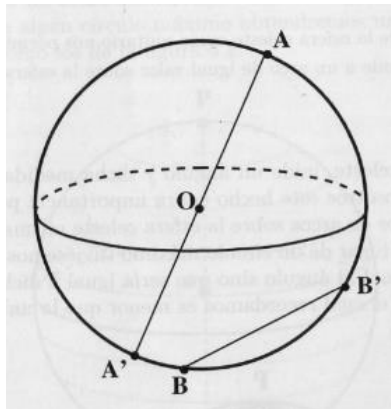
3. El semicírculo máximo es medio círculo máximo trazado sin interrupción de polo a polo (P, P'); si la longitud de un círculo máximo es de  $360^\circ$  (Figura 2-13), teniendo en cuenta la igualdad entre el ángulo medido con el centro de la esfera y el arco respectivo, en este caso todo el círculo máximo. Es claro que la longitud del semicírculo máximo es de  $180^\circ$ .

**Figura 2-13.** Círculo máximo<sup>23</sup>.



4. La intersección de una recta con la esfera celeste genera dos puntos sobre la misma, si la recta pasa por el centro de la esfera, los puntos de la intersección son diametralmente opuestos, como los puntos A y A'; a estos se les denomina puntos antípodas. Si la recta de corte no incluye el centro de la esfera, no son antípodas y no suelen ser de interés para la Astronomía. Serán entonces *polos* los puntos en la Esfera Celeste que sirven de extremos a un número arbitrario de semicírculos máximos, estos a su vez son puntos antípodas (Figura 2-14).

**Figura 2-14.** Puntos antípodas<sup>24</sup>.



<sup>23</sup> Un círculo máximo parte la esfera celeste en dos hemisferios y tiene asociados dos polos.

<sup>24</sup> La intersección de una recta con la esfera celeste genera dos puntos. Estos serán antípodas si la recta es diametral (AA').

5. Un hemisferio denota media esfera celeste. Todo círculo máximo tiene dos polos asociados y particiona la esfera celeste en dos hemisferios.

#### 2.2.1.5 Coordenadas astronómicas

Portilla (2001) plantea un método general para definir coordenadas astronómicas:

- Defina un círculo máximo como fundamental para las coordenadas, los polos asociados al mismo quedan determinados en forma única.
- Se escoge un punto sobre el círculo máximo fundamental, el cual será el punto de referencia, y se elige un sentido de giro sobre este círculo.
- Teniendo en cuenta el astro o punto a ubicar en la esfera celeste y cuyas coordenadas se quieren conocer, se traza el semicírculo máximo con extremo en los polos y que pasa por el astro y punto en la esfera celeste.
- La primera coordenada es el valor de la longitud del arco trazado sobre el círculo máximo fundamental, desde el punto de referencia siguiendo el sentido escogido hasta el semicírculo expuesto en el punto anterior. El valor está entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$ .
- La segunda coordenada es el valor de la longitud del arco trazado sobre el semicírculo máximo, desde el círculo máximo fundamental hasta el astro. Este valor va desde  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , indicando también el hemisferio.

Existen varios sistemas de coordenadas, dependiendo el plano fundamental que se escoja. Por tal razón se pueden definir las coordenadas horizontales, ecuatoriales y las eclípticas, donde el plano fundamental es el horizonte, el Ecuador Celeste y la Eclíptica, respectivamente.

#### 2.2.1.6 Sistema de Coordenadas Horizontales

Al considerar a un observador en la superficie de la Tierra, e imaginar la dirección marcada en ese lugar por la fuerza de gravedad, definiremos esa dirección como *vertical* del lugar. En el sistema de coordenadas horizontales se adopta como plano de referencia el plano perpendicular a la vertical que pasa por el observador, y recibe el nombre de *plano del horizonte*. Este plano corta con la esfera celeste en un círculo máximo llamado *horizonte astronómico* (Martínez et al., 2007).

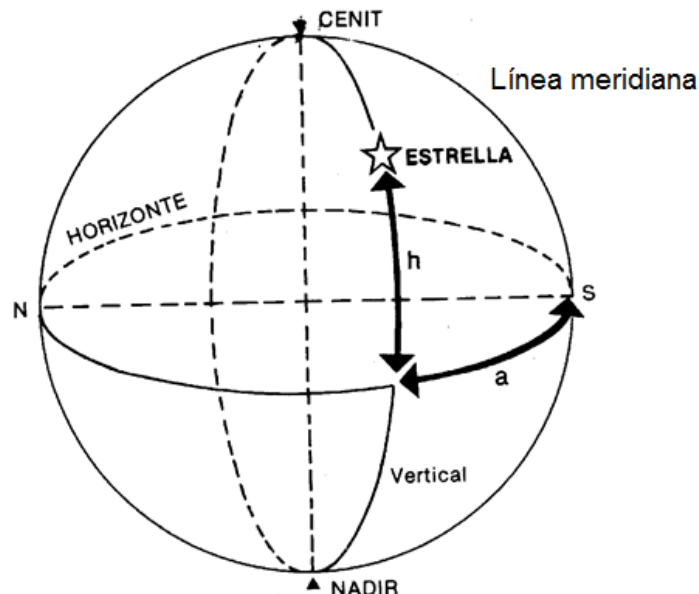
Cada uno de los círculos menores paralelos al horizonte astronómico recibe el nombre de *almicantarat*. Los círculos máximos que pasan por el cenit y el nadir se llaman *círculos verticales*.

Los paralelos y meridianos terrestres definidos para la Tierra también tienen su proyección en la esfera celeste. Estas proyecciones corresponden a los *paralelos y meridianos celestes*. El meridiano celeste que pasa por el cenit y que une los polos norte y sur se denomina *meridiano del lugar*. Su proyección sobre el plano del horizonte determina la dirección norte-sur y se la llama *línea meridiana* (Figura 2-15). Al seguir el movimiento aparente de un astro a lo largo de una noche, veremos que sale por la parte este del horizonte, alcanza la altura máxima cuando cruza el meridiano del lugar y se pone por la parte oeste del horizonte. Se dirá que un astro alcanza su *culminación superior* cuando pasa por el meridiano del lugar. Análogamente, se puede afirmar que un astro pasa por su *culminación inferior* cuando cruza el meridiano situado a  $180^\circ$  del meridiano del lugar.

En un momento cualquiera, la posición de este astro sobre la esfera celeste queda determinada por dos coordenadas (Figura 2-15):

- \* *Altura  $h$* , ángulo entre el horizonte y la posición del astro, medido sobre el círculo vertical que pasa por el astro. Esta altura puede variar entre  $-90^\circ$  y  $90^\circ$ . La altura será negativa cuando el astro se halle bajo el horizonte, y positiva cuando esté por encima. (Martínez et al., 2007)

**Figura 2-15.** Coordenadas Horizontales.



Fuente: <http://dolmenes.blogspot.com/2008/09/coordenadas-astronomicas.html>

- \* *Acimut  $\alpha$* . El círculo vertical que pasa por el astro corta al horizonte en dos puntos. El acimut corresponde al ángulo, medido sobre el horizonte, desde el sur y en dirección oeste hasta llegar al punto de los dos anteriores más próximo al astro. El acimut puede variar entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$ .

Es importante destacar que la altura del polo norte celeste coincide directamente con la latitud del lugar. Con este sistema, las coordenadas de un astro cualquiera van variando continuamente a lo largo del tiempo. Además, se trata de un sistema con un marcado carácter local. En cualquier otro lugar de la superficie terrestre con diferente longitud y latitud, y en el mismo instante de tiempo, el astro mostrará un acimut y altura distintos. Este sistema de coordenadas es adecuado para el estudio de fenómenos referentes al movimiento diurno, como por ejemplo las salidas y puestas de los astros o la construcción de relojes de sol.

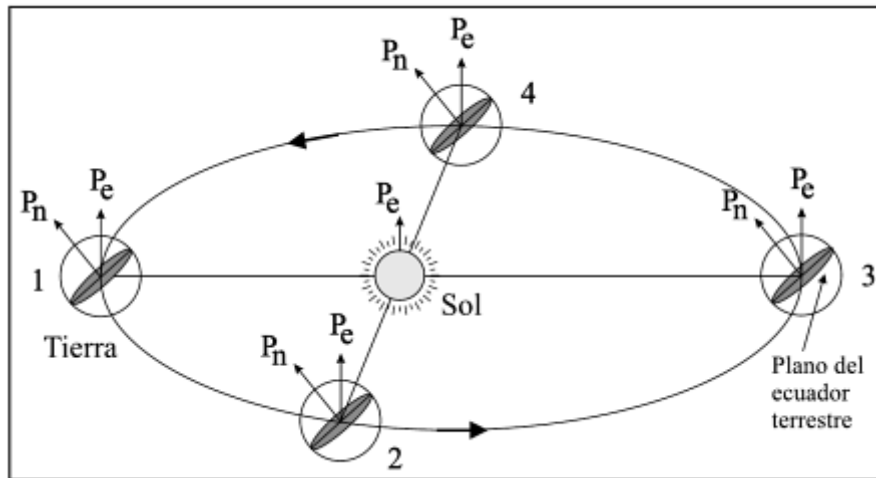
#### 2.2.1.7 La Eclíptica

De acuerdo a Bartlett (2010) la Tierra, aparte de girar en torno a su eje de rotación, también lo hace alrededor del Sol con un periodo de un año (movimiento de traslación). El plano que contiene la órbita de la Tierra se llama *plano de la Eclíptica*. La intersección de este plano con la esfera celeste es la *Eclíptica*, que corresponde al camino recorrido por el Sol en la esfera celeste a lo largo de su movimiento anual aparente. Este nombre proviene del hecho de que únicamente en esta línea es donde se producen los eclipses. El Sol da una vuelta completa a la Eclíptica en un año (Figura 2-16). El ángulo entre el plano del ecuador y el de la Eclíptica se denota por  $\delta$  y oscila alrededor de los 23 grados y 26 minutos, se denomina *oblicuidad de la Eclíptica*.

En cada posición de la Tierra en su órbita, el Sol alcanza una altura diferente sobre el horizonte al medio día (cuando cruza el meridiano local). En la Figura 2-17, se observa que en las posiciones 2 y 4 los rayos del Sol inciden perpendiculares sobre un punto del ecuador terrestre (donde es mediodía). En las posiciones 2 y 4, los rayos caen perpendiculares sobre puntos con latitudes  $-\delta$  y  $+\delta$ , respectivamente. Ningún punto de la superficie terrestre que tenga  $|\Phi| > \delta$  puede recibir los rayos del Sol perpendicularmente (Martínez et al., 2007).

**Figura 2-16.** La Eclíptica.

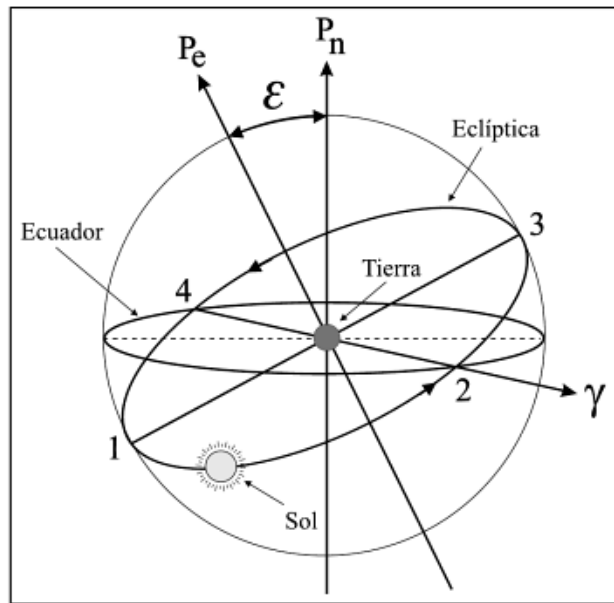
Fuente: [http://www.astroaspe.es/la\\_ecliptica.htm](http://www.astroaspe.es/la_ecliptica.htm)

**Figura 2-17.** Movimiento de traslación de la Tierra.

Esta situación se aprecia con más claridad si se *dibuja la esfera celeste general*. Sobre esta se señalarán los elementos comunes a todos los observadores (Figura 2-18). Como elementos fundamentales tomamos el eje del mundo y el plano del ecuador celeste. También están situados en esta esfera el plano de la Eclíptica y el eje que es perpendicular a la misma. Las posiciones 1 a 4 de la

figura 2-17 equivalen a las mismas de la figura 2-18. Si revisamos en esta figura el movimiento aparente anual del Sol sobre la esfera celeste vemos que se desplaza siempre hacia el este y completa un giro de  $360^\circ$  en año. Esto corresponde, aproximadamente, a  $1^\circ/\text{día}$ .

**Figura 2-18.** Esfera Celeste general.



Los puntos 1 a 4 corresponden a:

*Punto Capricornio ( $\tau$ ).* Marca el lugar de la Eclíptica más alejado del ecuador celeste, en el hemisferio austral.

*Punto Aries ( $\gamma$ ).* Corresponde al punto de cruce entre el ecuador celeste y la Eclíptica, en el cual el Sol pasa por el hemisferio celeste austral al boreal. Este es el punto que se adopta como origen para la medida de ascensión recta. En este punto el Sol “asciende” recibiendo también nombre de *nodo ascendente*.

*Punto Cáncer ( $\gamma\gamma$ ).* Señala en lugar de la máxima separación angular entre el ecuador celeste y la Eclíptica en el hemisferio celeste boreal.

*Punto Libra ( $\Omega$ ).* Corresponde al punto de cruce entre el ecuador celeste y la Eclíptica, en el cual el Sol pasa del hemisferio celeste boreal al austral. *Nodo descendente*, el Sol “desciende”.

En la figura 2-17 observamos que en algún punto de la órbita el hemisferio norte de la Tierra recibe más luz que el hemisferio sur y, en el otro extremo de la órbita, sucede lo contrario. También hay dos momentos en el año en que ambos hemisferios son iluminados de forma uniforme. Estos cambios de iluminación hacen que la temperatura de los lugares de la Tierra que estén a una latitud de más de  $23^{\circ}26'$  al norte o al sur del ecuador, varíe formándose así las *estaciones*, de esta forma el verano es la temporada en que un hemisferio recibe mucha luz (un observador verá esto como el Sol permaneciendo por más tiempo sobre el horizonte, es decir, mayor duración del día con respecto la noche) e invierno recibe poca. Las estaciones de primavera y otoño se producen cuando la iluminación es pareja en ambos hemisferios (Portilla, 2001).

Sobre el plano de la Eclíptica se pueden definir dos líneas destacadas. Del punto Capricornio al punto Cáncer tenemos la *línea de los solsticios*, por el punto Capricornio el Sol ocupa esta posición aproximadamente cada 21 de diciembre, punto denominado *solsticio de invierno*, mientras por el punto Cáncer el Sol pasa por este lugar aproximadamente cada 21 de junio, punto denominado *solsticio de verano*. Los puntos de salida y puesta del Sol dependen de la latitud  $\Phi$ . La unión de los puntos Aries y Libra (puntos también llamados nodos) recibe el nombre de *línea de los equinoccios*, ya que cuando el Sol se sitúa sobre estos puntos se iguala la duración del día y la noche (12 horas cada uno), y así tenemos el *equinoccio vernal* (o de primavera, porque marca el inicio de dicha estación aproximadamente al día 21 de marzo), cuando el Sol llega al nodo ascendente. El *equinoccio otoñal* (comienzo del otoño, aproximadamente, el 22 de septiembre) sucede cuando alcanza el nodo descendente. El Sol sale para estos puntos por el este y se pone por oeste. Ambos puntos se correspondían en la antigüedad con las constelaciones de Aries y Libra, respectivamente (Arranz, 2004).

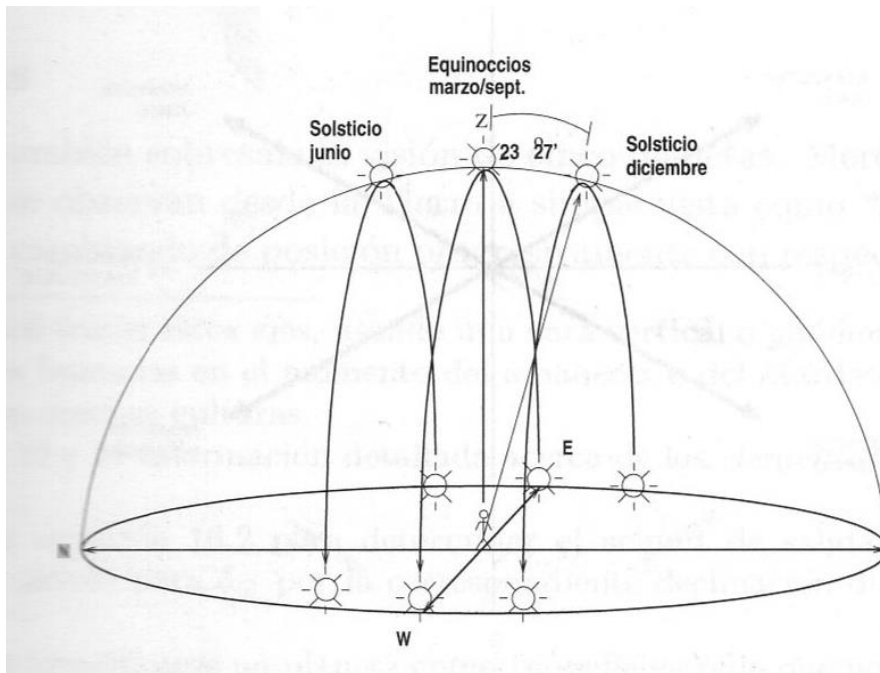
En las figuras 2-19 y 2-20 podemos observar las trayectorias diurnas del Sol durante los solsticios y equinoccios vistos en un punto sobre el ecuador terrestre. Percátense que durante los solsticios el Sol solo se aleja  $23^{\circ}26'$  del cenit, lo cual no causa un cambio drástico de iluminación y temperatura. De esta manera, la zona por debajo de los  $23^{\circ}26'$  de latitud norte o sur, llamada *zona tórrida*, no presenta estaciones y mantiene una temperatura relativamente estable (Portilla, 2001).

Por otro lado, Portilla (2001) también afirma que en las zonas más allá de los  $23^{\circ}26'$  de latitud, llamadas templadas, la trayectoria diurna del Sol estará más tiempo sobre el horizonte y llegará a ocupar la posición más elevada al mediodía que puede alcanzar a lo largo del año. Durante el solsticio de invierno se observará que el Sol apenas sale y pronto se oculta, permaneciendo la mayor parte del tiempo bajo el horizonte. De esta forma se hace obvio ver los cambios

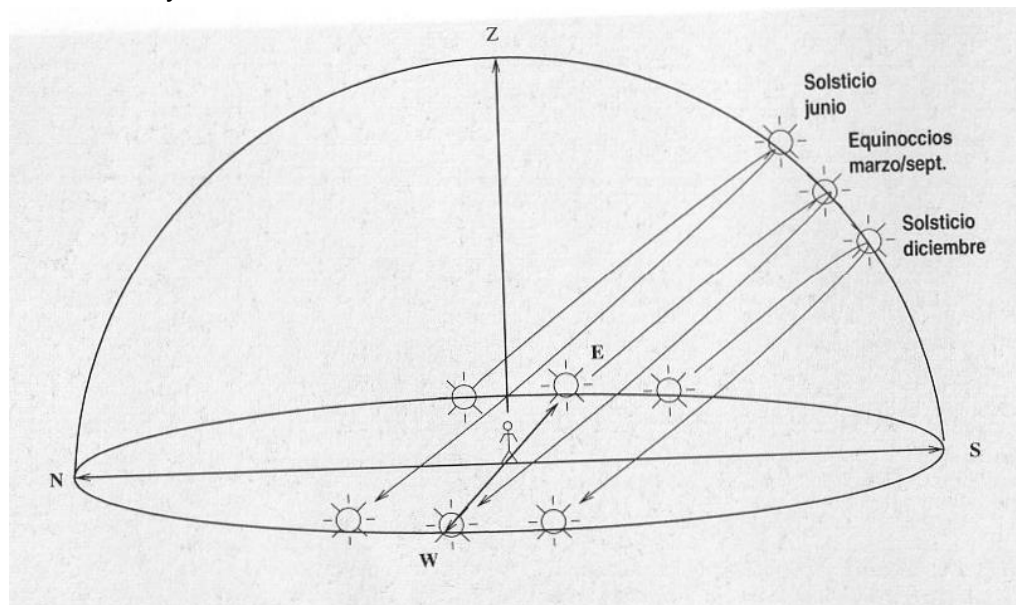


tan fuertes de temperatura que pueden variar desde los  $-40^{\circ}\text{C}$  en invierno a  $40^{\circ}\text{C}$  en verano, en algunos lugares del mundo.

**Figura 2-19.** Trayectoria diurna del Sol.



**Figura 2-20.** Trayectoria diurna del Sol<sup>25</sup>.



<sup>25</sup> En las figuras 2-19 y 2-20 se muestra la trayectoria diurna del Sol, en la figura 2-19 es la trayectoria en el ecuador durante los solsticios y equinoccios. En la Figura 2-20 está la trayectoria en un lugar de una zona templada (aproximadamente unos 50° Norte) durante los solsticios y equinoccios.

### 2.2.1.8 El zodiaco

En el conjunto de constelaciones hay un grupo que se conoce como *Constelaciones Zodiacales: Aquarius, Pisces, Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpius, Sagittarius y Capricornus* (Apéndice 1). Estas doce constelaciones son atravesadas por la Eclíptica, la *via solis* o trayectoria del Sol, y sobre su fondo de estrellas se mueven a lo largo del año la Luna y los Planetas (Figura 2-21). Como ya se mencionó, fue concebido por los sumerios, paso a los babilonios y de estos últimos lo recibieron los griegos. Nace con la necesidad de los antiguos observadores del cielo de fijar ciertas áreas del firmamento como referencias.

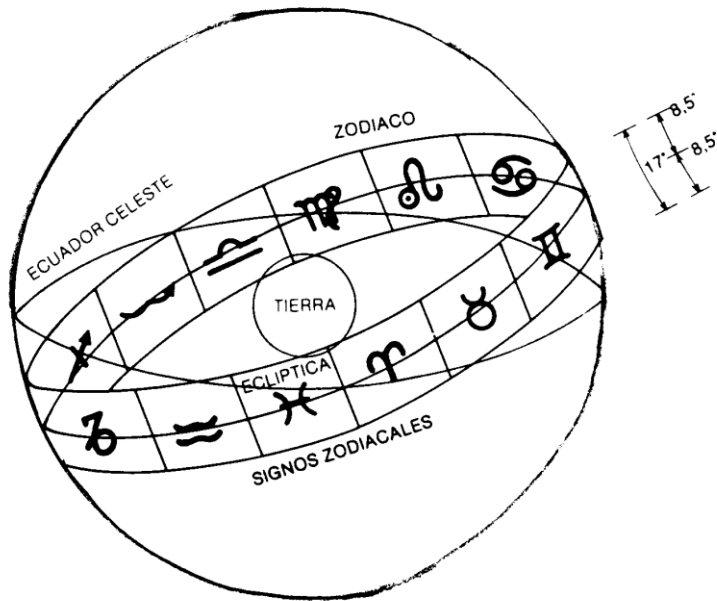
El zodiaco (círculo de animales), se basa en la división de la banda solar en doce partes, relacionada con la ocurrencia anual de doce sucesivas lunas llenas a lo largo del año. En Babilonia se aceptaban once signos, combinando a Scorpius y a Libra en una sola. En Astronomía babilónica solo se usó para fines astrológicos, su único interés científico radica en el hecho de que el Sol y los planetas se mueven siempre dentro de esta zona de la esfera celeste. Ello se debe a que las órbitas de los planetas son aproximadamente coplanarias con la de la Tierra (Martínez et al., 2007). El zodiaco grecorromano adoptó en un principio los once signos, todos representados por seres vivientes; posteriormente, bajo la influencia de Hiparco, se le dio al zodiaco su base astronómica de las doce constelaciones aún vigentes. Últimamente se ha aceptado una decimotercera, constelación Ophiuchus, situada entre las constelaciones del Escorpión y Sagitario, también cruzada en su trayectoria por el Sol desde finales de noviembre y mediados de diciembre (Puerta, 1997).

En la Astronomía moderna el zodiaco se considera como una banda imaginaria de la esfera celeste extendida  $8.5^\circ$  a cada lado de la Eclíptica, es decir,  $17^\circ$  de anchura, en la cual transitan el Sol, la Luna y todos los planetas. La banda zodiacal también se divide en 12 partes iguales de  $30^\circ$ , cada una reconocida con un nombre de las doce constelaciones (Figura 2-21).

Las constelaciones zodiacales no tienen todas las mismas extensiones, por lo que el Sol permanece en unas más tiempo que en otras. Esto puede apreciarse en la Tabla 1, elaborada por Arranz (2004), donde expone de manera simple, sin tener en cuenta fracciones de día, las diferencias entre las constelaciones del zodiaco. Se comprueba, por ejemplo, que entre Escorpión y Sagitario, se ha incluido la constelación Ophiuchus (Ofiuco o Serpentario), por la que transcurre el Sol durante casi tres semanas y que normalmente no se nombra dentro de los signos

del zodiaco, de esta forma, serian trece las constelaciones zodiacales (Apéndice A, resaltadas en rojo).

**Figura 2-21.** Zodiaco



Fuente: <http://nauticajonkepa.wordpress.com/2010/12/27/elzodiaco/>

#### 2.2.1.9 Movimiento aparente de las estrellas

El giro aparente de la esfera celeste se debe, principalmente, a los movimientos de rotación, traslación, precesión y nutación, del planeta en que habitamos. Podemos darnos cuenta de que la parte visible del firmamento varía según el lugar de observación, la hora de la noche y la época del año.

Todo observador astronómico debe considerar que todos los astros se mueven en un periplo diario que va en sentido oriente (este) a occidente (oeste). Tal como lo sabía Aristarco, hoy en día se sabe que el origen de este movimiento aparente de la esfera celeste, en sentido este-oeste, es debido al movimiento de la Tierra sobre sí misma alrededor de su eje polar en sentido oeste-este. Este eje polar de la Tierra resulta ser el mismo eje polar de rotación de la esfera celeste, es decir, el eje polar asociado al movimiento diurno aparente de los astros; esta línea se denomina eje polar celeste (Portilla, 2001).

**Tabla 2-1.** Número aproximado de días que emplea el Sol en atravesar cada constelación zodiacal.

CONSTELACIÓN ZODIACAL	DÍAS EN CADA UNA
Piscis	37
Aries	25
Tauro	38
Géminis	29
Cáncer	21
Leo	37
Virgo	44
Libra	23
Escorpión	8
Serpentario	18
Sagitario	36
Capricornio	27
Acuario	23

La bóveda celeste completa una vuelta sobre su eje, recorriendo  $360^\circ$  en 1 día, es decir, se desplaza  $15^\circ$  por hora o bien  $1^\circ$  cada cuatro minutos, por tal razón, el aspecto del firmamento va cambiando a lo largo de la noche. En el Norte, el eje de la esfera celeste pasa muy próximo a la *estrella Polar* (la estrella más brillante de la constelación de la Osa menor), un observador situado en el Hemisferio Norte de la Tierra verá girar la bóveda celeste entorno a esta estrella. En el Sur, el eje de la esfera celeste pasa a  $1^\circ$  de sigma Octantis, una estrella apenas perceptible a simple vista, situada en la constelación llamada Octante (próximo a la constelación de la Cruz del Sur). Un observador en el Hemisferio Austral, verá girar la bóveda del cielo en torno a esta estrella. Dependiendo del lugar desde donde se observe el cielo, la perspectiva que se tendrá de la esfera celeste será diferente (Arranz, 2004).

- Si estamos en el polo Norte o Sur de la Tierra (latitud  $+90^\circ/-90^\circ$ ), el polo celeste estaría justo encima de nuestra cabeza (en el cenit), mientras que el ecuador celeste se asentaría en el horizonte. Desde allí todas las estrellas trazan círculos paralelos al horizonte, permaneciendo constante su altura con respecto a éste a través de un giro completo
- Si estamos ubicados en la zona ecuatorial de la Tierra (latitud  $0^\circ$ ) es una parte del ecuador celeste nuestro cenit y los polos norte y sur descansarían sobre el correspondiente horizonte. Ya que como los dos centros de giro están a ras de horizonte, las estrellas a medida que van

pasando en torno a estos, emergerán de debajo del horizonte (orto), ascenderán hasta una altura máxima (culminación) y seguidamente comenzarán a descender hasta hundirse nuevamente bajo el horizonte (ocaso). Las trayectorias descritas por los astros son para este caso perpendiculares al horizonte.

- Desde una zona intermedia entre el polo y el ecuador terráqueos, los polos celestes no estarán ni en el cenit ni en el horizonte: se ubicarán entre ambos. Observaremos un solo centro de giro, cuya distancia angular del horizonte será la misma latitud geográfica en la que nos encontremos. Las estrellas se moverán en torno al observador; unas estrellas serán siempre visibles (como ocurre desde los polos), mientras otras pasarán por el orto y el ocaso.

Acabamos de describir cómo la *rotación* terrestre origina el movimiento aparente diario de los astros de este a oeste, conociendo que la Tierra gira sobre sí misma en exactamente 23h 56m. El movimiento de *traslación* es el giro que realiza la Tierra alrededor del Sol a una velocidad aproximada de 106000 km/h, completando una vuelta en 365,25 días. El movimiento de traslación también causa un movimiento anual de la esfera celeste: nuestra orientación con respecto a la cúpula estrellada cambia día a día, ya que la Tierra se desplaza diariamente 1° en su órbita elíptica. Este movimiento es el responsable de que las constelaciones visibles varíen con los meses. Las estrellas adelantan su salida unos 4 minutos; es decir, se han movido 1° hacia el oeste respecto al día anterior. Por tal razón a la misma hora cada mes, la misma constelación se verá en distintas posiciones, o incluso puede que ya no sea visible por haberse ocultado, mientras otra comience a observarse en la bóveda celeste. De ahí que se hable de constelaciones características para cada estación (Arranz, 2004).

### 2.3. La Luna: Identidad astronómica

No hay ningún astro tan popular como lo es la Luna, único satélite natural que orbita alrededor de la Tierra. El sistema Tierra-Luna puede considerarse un planeta doble, dadas las dimensiones de la Luna (1737 km de radio) y sus características principales, afirman Martínez et al. (2007). De todo aquello que podemos observar en el cielo, es el cuerpo celeste que mejor conocemos, ya sea porque está a menos de 400000 km de la Tierra lo que la convierte en el cuerpo celeste más cercano, o porque constituye en general el primer objetivo de los astrónomos principiantes. La Luna es el único cuerpo planetario que ha podido ser estudiado con algún grado de detalle a simple vista. De hecho, muchas civilizaciones han utilizado la Luna y sus fases como medio para contar el tiempo.

Como satélite carece de luz propia y refleja la que recibe del Sol. Al encontrarse entre el Sol y la Tierra (al igual que Mercurio y Venus) su movimiento orbital alrededor de la Tierra, origina lo que se conoce como fases. Resumimos aquí su descripción astronómica.

### 2.3.1. Origen

Aparentemente la Luna, como lo describe Bourge et al. (2008), se formó al mismo tiempo que los planetas y satélites del Sistema Solar. Pudo formarse a partir de un disco de polvo que rodeaba a la Tierra poco después de su nacimiento o en una órbita diferente pero que cruzaba a la de nuestro planeta, lo que habría llevado a su “captura”. Hoy en día, el escenario más aceptable es el de una colisión entre un pequeño planeta y la Tierra; este pequeño planeta se habría fragmentado y habría constituido la Luna actual.

### 2.3.2. Características Generales

La Luna presenta unas características muy distintas a las de la Tierra. Debido a su reducido tamaño, la fuerza de gravedad es insuficiente para retener una atmósfera (la gravedad en la superficie lunar vale 0,166 de la terrestre), por lo que carece de capa protectora y su superficie es constantemente bombardeada por meteoritos de todos los tamaños. Esto le confiere su aspecto característico, lleno de cráteres de muy diversos tamaños y grandes llanuras.

Diámetro: 3476 km (3/9 partes del diámetro terrestre).

Superficie: 1/13 de la superficie de la Tierra.

Volumen: 1/50 del volumen terrestre.

Masa: 1/81 de la masa terrestre.

Densidad media: 3,42, comparada con el agua.

Peso: 1/6 del peso de la Tierra (81 cm recorridos durante el primer segundo de caída libre).

Distancia máxima de la Tierra: 405500 kilómetros.

Distancia mínima de la Tierra: 363300 kilómetros.

La Luna es una esfera perfecta, excepto por las irregularidades del relieve; por el contrario su densidad no es homogénea. La superficie lunar está formada por *mares*, regiones oscuras llanas que no presentan accidentes orográficos importantes, y *tierras* o *continentes*, zonas muy claras y muy accidentadas que presentan cordilleras montañosas. En las tierras se observan cráteres o surcos

lunares, formados por impactos de cuerpos menores del Sistema Solar. No se ha observado actividad volcánica relevante ni movimiento de placas tectónicas en la Luna. Este hecho está relacionado con la litosfera lunar, que es dinámicamente inactiva y muy gruesa (1000 km). Dado que la densidad de la Luna es de 3,42 con respecto al agua (la de la Tierra es 5,52) la parte interior de materiales pesados debe ser relativamente pequeña. Estos materiales, principalmente hierro, forman el núcleo; este aparece rodeado de un manto de rocas fundidas, de manera parecida a la Tierra, y sobre él se encuentra la corteza. Por encima de esta se extiende una capa de residuos en forma de polvo y rocas.

La Luna es el único astro del que se han traído a la Tierra muestras de su superficie. Las misiones estadounidenses *Apollo* y las soviéticas *Luna* trajeron unos 400 kg en total de materiales lunares a finales de los años sesenta y principios de los setenta. Estas muestras recogidas han permitido estudiar la datación de los principales sucesos metamórficos lunares, la mineralogía comparada y el proceso de formación de polvo lunar causado por el bombardeo meteorítico constante.

Con respecto a la temperatura en la superficie lunar, oscila desde  $-150^{\circ}\text{C}$  en el centro del disco oscuro a  $+150^{\circ}\text{C}$  en el centro del disco iluminado. El mismo nivel se observa entre las partes a la sombra y aquellas expuestas al Sol.

Si comparamos la Luna con el resto satélites del Sistema Solar la relación que existe entre planeta madre y sus satélites es anormal en nuestro caso (Tabla 2-2). Como se puede apreciar, los sistemas que se caracterizan por tener una mayor diferencia entre ambos diámetros son Júpiter-Leda (el satélite 8924 veces menor que el planeta). Si nos fijamos en la relación Tierra-Luna veremos que la diferencia de diámetros es de sólo 3,6 veces, aún muy por debajo de la menor (23 veces de Saturno-Tintán) y demasiado alejada de los valores de los satélites menores de Júpiter y Saturno. Podemos establecer otra comparación similar mirando el diámetro de Ío (aproximadamente del mismo tamaño de nuestra Luna) y su relación con el planeta madre Júpiter. Para ser de dimensiones similares a las de nuestro satélite, es unas 35 veces más pequeño que nuestra Luna en proporción a los diámetros de los planetas madre. Podemos concluir que el sistema Tierra-Luna es atípico entre el conjunto de astros que componen el Sistema Solar, de ahí que podamos decir que nos encontramos frente a un sistema planetario doble (el otro gran sistema doble sería Plutón y Caronte, pero, debido al desconocimiento que aún existe en su entorno, quedan aún muchas cuestiones que plantear sobre dicho sistema).

**Tabla 2-2.** Relación entre planeta madre y satélite en el Sistema Solar.

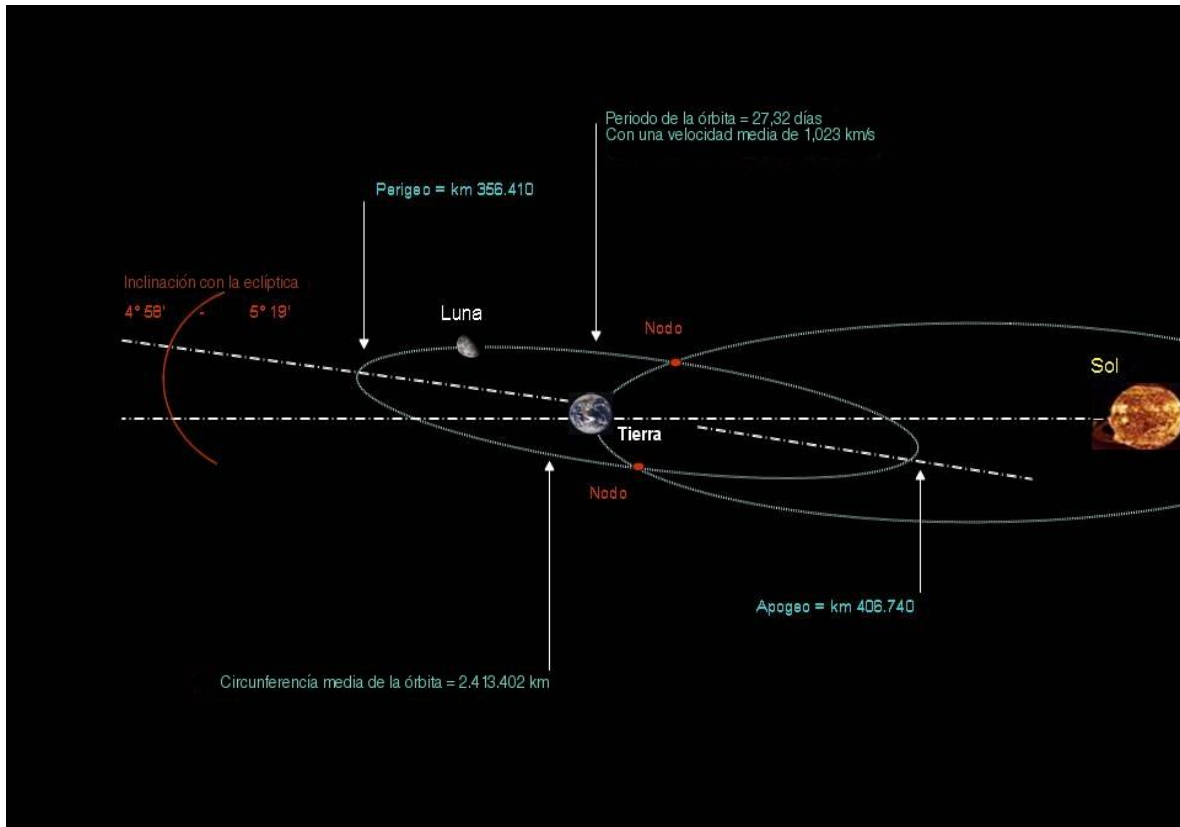
Satélite	Planeta	Diámetro del planeta	Diámetro del satélite	Relación
1980S28	Saturno	120000	60	2000/1
I Minas	Saturno		392	307/1
VIII Japeto	Saturno		1460	82/1
VI Titán	Saturno		5150	23/1
1979J1	Júpiter	142796	40	3569/1
I Ío	Júpiter		3638	39/1
III Ganimedes	Júpiter		5262	27/1
XIII Leda	Júpiter		16	8924/1
I Fobos	Marte	6794	22	308/1
II Deimos	Marte		12	566/1
I Ariel	Urano	50800	1158	43/1
III Titania	Urano		1580	32/1
V Miranda	Urano		480	105/1
<b>Luna</b>	<b>Tierra</b>	<b>12756</b>	<b>3476</b>	<b>3,6/1</b>

Se ha mencionado que la Luna es el único satélite de la Tierra y ello también es algo inusual dentro de nuestro entorno, pues existen planetas con múltiples satélites (Júpiter y Saturno), otros sin ellos (Mercurio y Venus) y uno con 2 (Marte).

Basándose en esas cifras no hay duda que la Luna sea considerada por algunos científicos planeta doble asociado a la Tierra, pues su masa 81 veces menor que la terrestre es aún demasiado grande para un satélite que gira alrededor de un planeta del tamaño de la Tierra. Otras cifras interesantes sobre la Luna: gravedad superficial 1,620 m/s (0,16520 de la Tierra), velocidad de escape 2,373 km/s (0,212130 de la Tierra).

La órbita del movimiento de la Luna alrededor de la Tierra es una elipse cuya excentricidad es igual a 0,055 con un semieje mayor de 384403 kilómetros; así el perigeo (en su mayor aproximación) se halla a unos 21000 kilómetros más próxima que en el apogeo (Figura 2-22). El plano de su órbita está inclinado con respecto al plano de la eclíptica en 5° 9'; este desplazamiento se realiza alrededor de la Tierra en dirección Oeste-Este, es decir, en la misma dirección que la Tierra alrededor del Sol.



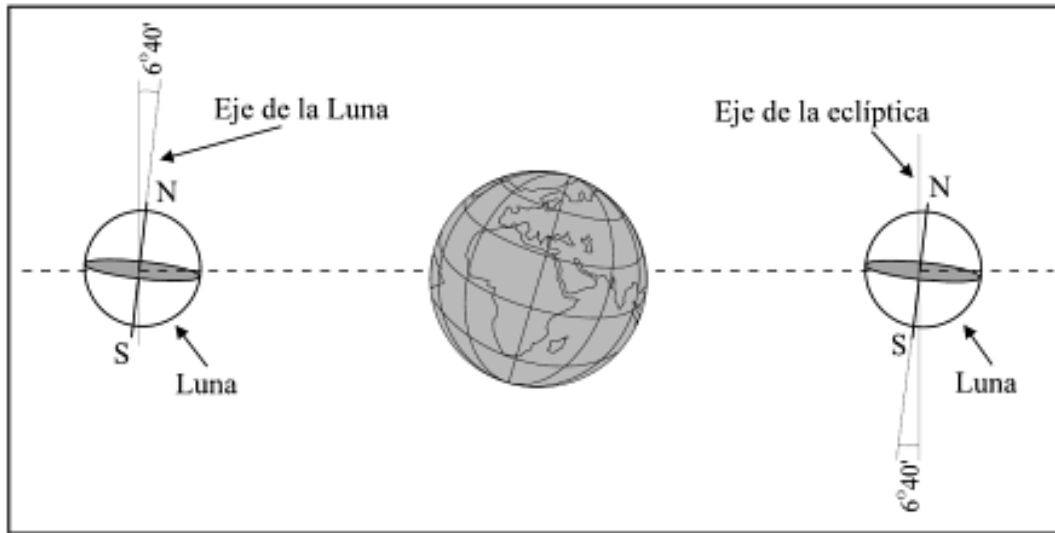
**Figura 2-22.** Órbita de la Luna.

Fuente: Orbit\_of\_Moon.jpg; Mungany derivative work: Ankxo (talk)

#### 2.4. Rotación y libraciones de la Luna

La Luna muestra siempre el mismo hemisferio a la Tierra. Pero aun así, desde la Tierra se observa algo más de la mitad de la superficie lunar. El fenómeno de las libraciones permite ver una pequeña fracción adicional.

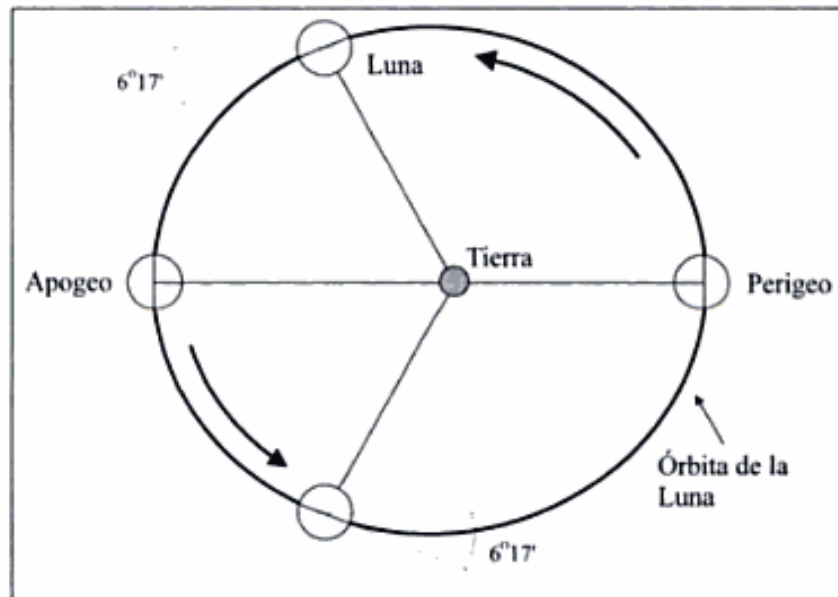
Martínez et al. (2007) describe cómo el plano del ecuador lunar forma un ángulo  $6^{\circ}40'$  con el plano orbital de la Luna. La denominada *libración en latitud*, es causada por la inclinación del eje de rotación de la Luna respecto de su plano orbital y por la conservación de la dirección de este eje en el espacio. Esto hace que en ciertos puntos del recorrido orbital de la Luna lleguen a verse, desde la Tierra, en ciertas ocasiones las zonas próximas al polo norte lunar y, en otras, las que rodean el polo sur. El ángulo de libración en latitud vale  $6^{\circ}40'$  y esta oscilación se produce por un periodo igual al *mes draconítico* (Figura 2-23).

**Figura 2-23.** Libración de la Luna en latitud.

La *libración en longitud* resulta de combinar la rotación uniforme de la Luna alrededor de su eje con su desplazamiento orbital no uniforme, consecuencia de la excentricidad de la órbita. Según la segunda Ley de Kepler<sup>26</sup>, la velocidad de la Luna es mayor en las proximidades del perigeo y menor hacia el apogeo. A partir de la Figura 2-24 se observa que, cuando la Luna ha rotado los  $90^{\circ}$  alrededor de su eje a partir del perigeo, el ángulo recorrido a lo largo de su órbita es mayor que  $90^{\circ}$ , lo cual permite observar una porción de la superficie lunar occidental que antes era invisible. A partir del apogeo, cuando la velocidad orbital es menor, se produce un giro de  $90^{\circ}$  alrededor del eje de rotación mientras que se habrá recorrido un arco de órbita inferior a  $90^{\circ}$ , y eso permitirá ver parte de la superficie lunar oriental. El ángulo de libración en longitud vale  $6^{\circ}17'$  y le corresponde un periodo igual al *mes anomalístico*, esto es, el intervalo de tiempo entre dos pasos consecutivos de la Luna por el perigeo. Las liberaciones lunares hacen que la fracción total de la superficie lunar observable desde la tierra sea el 59%.

<sup>26</sup> Segunda ley de Kepler, ley de las áreas. Las barridas por el radio vector que une a los planetas al centro del Sol son iguales a tiempos iguales. La velocidad orbital de un planeta (velocidad a la que se desplaza por su órbita) es variable, de forma inversa a la distancia al Sol: a mayor distancia la velocidad orbital será menor, a distancias menores la velocidad orbital será mayor. La velocidad orbital es máxima en punto más cercano al Sol (perihelio) y mínima en su punto más alejado (afelio).

**Figura 2-24.** Libración de la Luna en longitud.



## 2.5. Los movimientos de la Luna

**Figura 2-25.** Las fases de la Luna. Grabado de Hans Holbein, el Joven, Basilea, 1534.



Los movimientos de los planetas, asteroides y satélites naturales o artificiales, son afectados por los astros vecinos. El Sol y la Tierra influyen en los movimientos de la Luna, y todos ellos se mueven de manera constante, por lo que sus influencias mutuas varían sin cesar. Existen momentos en los que el Sol atrae a la Luna en una dirección, posteriormente en otra; por tal razón, los movimientos de la Luna son complejos y las posiciones relativas del Sol, la Luna y la Tierra probablemente nunca lleguen a repetirse exactamente.

Un cuerpo celeste describe un movimiento de revolución o traslación cuando gira en torno a otro astro. Por ejemplo, la Tierra se traslada alrededor del Sol; así mismo, la Luna se traslada alrededor de la Tierra. El movimiento aparente de nuestro satélite sobre el fondo estrellado es el resultado del movimiento real del mismo alrededor de la Tierra, en aproximadamente 27,32 días (mes sidéreo). Un observador terrestre mirará a la Luna alineándola con una estrella, posteriormente, mide el tiempo que transcurre hasta que la Luna vuelva a alinearse exactamente con el mismo astro y resulta en un tiempo de 27 días 7 horas 43 minutos 11,47 segundos. Sidéreo proviene de la palabra latina *sidus*, que significa constelación. Las estrellas pueden utilizarse como puntos de referencia en el firmamento para medir los movimientos de los astros, debido a que, comparados con el transcurso de la vida humana, solo se mueven muy poco en ese tiempo; por lo tanto, decimos que las estrellas están fijas. Se sabe que no es así: se hallan en constante movimiento, pero debido a la enorme distancia a la que se encuentran de los observadores, solo se percibe con instrumentos. Otra forma de precisar el concepto es como lo propone, Cepeda (2006), quien define el mes sidéreo como el tiempo necesario para que la longitud de la Luna, contada desde un punto fijo de la esfera celeste, aumente  $360^\circ$ .

La Luna presenta siempre la misma cara hacia la Tierra debido a que su periodo de rotación iguala a la duración de su revolución en torno a nuestro planeta (Violat, 1996, usa el término *rotación ligada*. Martínez et al., 2007, lo denomina *rotación sincrónica*); además, las fuerzas de marea son las responsables de que la Luna muestre siempre la misma cara a la Tierra. Estas fuerzas han frenado la rotación lunar hasta igualar los periodos de revolución y de rotación. La revolución de la Luna alrededor de la Tierra hace que ella se mueva de oeste a este a través del firmamento. Completa una vuelta alrededor de la Tierra en aproximadamente 27 días, describiendo una circunferencia completa. Como esta tiene  $360^\circ$ , la Luna recorre en un día 360 grados divididos en 27, igual a unos  $13^\circ$ . Si alineamos nuestro satélite natural con una estrella, comprobaremos que a la noche siguiente la Luna se ha desplazado unos  $13^\circ$  al este. En el transcurso de un año, la Luna realiza aproximadamente 12,5 revoluciones sobre su eje con respecto al Sol.

Además, nuestro satélite completa una revolución relativa al Sol en aproximadamente 29.53 días (mes sinódico), período en el cual comienzan a repetirse las fases lunares y hay cambios aparentes en la forma de la Luna (lunación), desde la luna nueva o novilunio al cuarto creciente, el plenilunio o luna llena, el cuarto menguante y otra vez la luna nueva. Esto a causa de que las fases de la Luna dependen de la posición del Sol, la Tierra y la Luna. Por ejemplo, la Luna nueva se produce cuando los tres están alineados, al igual que en la fase de Luna llena. Mientras la Luna da la vuelta en torno a la Tierra esta recorre parte de su órbita alrededor del Sol. La Luna tarda unos dos días en alcanzarla; por lo tanto, se requieren dos días para que se repita la fase de Luna nueva. La palabra sínodo, de donde deriva sinódico, indica reunión o encuentro. La duración media de un mes sinódico es de 29 días 12 horas 44 minutos 2,78 segundos. Los cambios aparentes en la forma de la Luna se deben a la revolución de esta alrededor de la Tierra. Nuestro satélite natural es una esfera cuya mitad de su superficie está siempre iluminada por el Sol, a excepción que la Luna se encuentre en el cono de sombra de la Tierra. En la Luna nueva los rayos solares iluminan, por decirlo así, la mitad de atrás (Figuras 2-26 y 2-27). En esta fase la Luna es completamente invisible. La Luna está en su cuarto creciente cuando ha avanzado la cuarta parte de su camino alrededor de nuestro planeta, entonces se puede observar una mitad de su porción iluminada, es decir, una cuarta parte de su superficie. Aproximadamente una semana más tarde, la Luna se encuentra a un lado de la Tierra, y el Sol del otro, podemos ver entonces la superficie visible iluminada. Es aquí que se encuentra en plenilunio. A partir de ese momento parece mermar su tamaño, hasta que, transcurrida otra semana, se presenta como cuarto de luna, cuarto menguante; luego sigue decreciendo hasta que solo puede verse una pequeña lúnula; en la siguiente noche tendremos de nuevo Luna nueva y otra vez deja de verse.

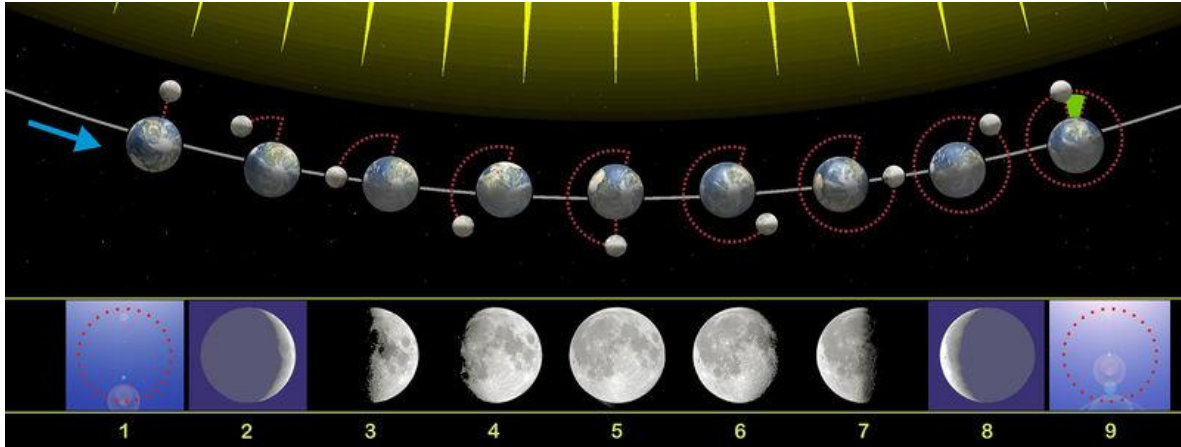
Los instantes de salida, tránsito y puesta del Sol y de la Luna están relacionados con las fases. La Luna se traslada alrededor de la Tierra en sentido directo, en dirección este. Como el Sol se mueve  $1^\circ$  sobre la Eclíptica por día hacia el este, o sea,  $30^\circ$  por mes. Luego si se designa por  $T$  la duración de una revolución sideral y a  $S$  por una revolución sinódica, tendremos:

$$S = T + \frac{T}{12} = 29.5 \text{ días aproximadamente}$$

La Luna atrasa diariamente su salida respecto a la del Sol unos 50 minutos. Resulta interesante constatar mediante la observación continuada de la Luna durante varias semanas, que no solamente nos muestra su aspecto variable, también confirmamos que, debido al movimiento de traslación de la Tierra

alrededor del Sol, el mes sinódico es mayor que el periodo sidéreo de revolución de la Luna alrededor de la Tierra (Figura 2-28).

**Figura 2-26.** Fases de la Luna<sup>27</sup>.



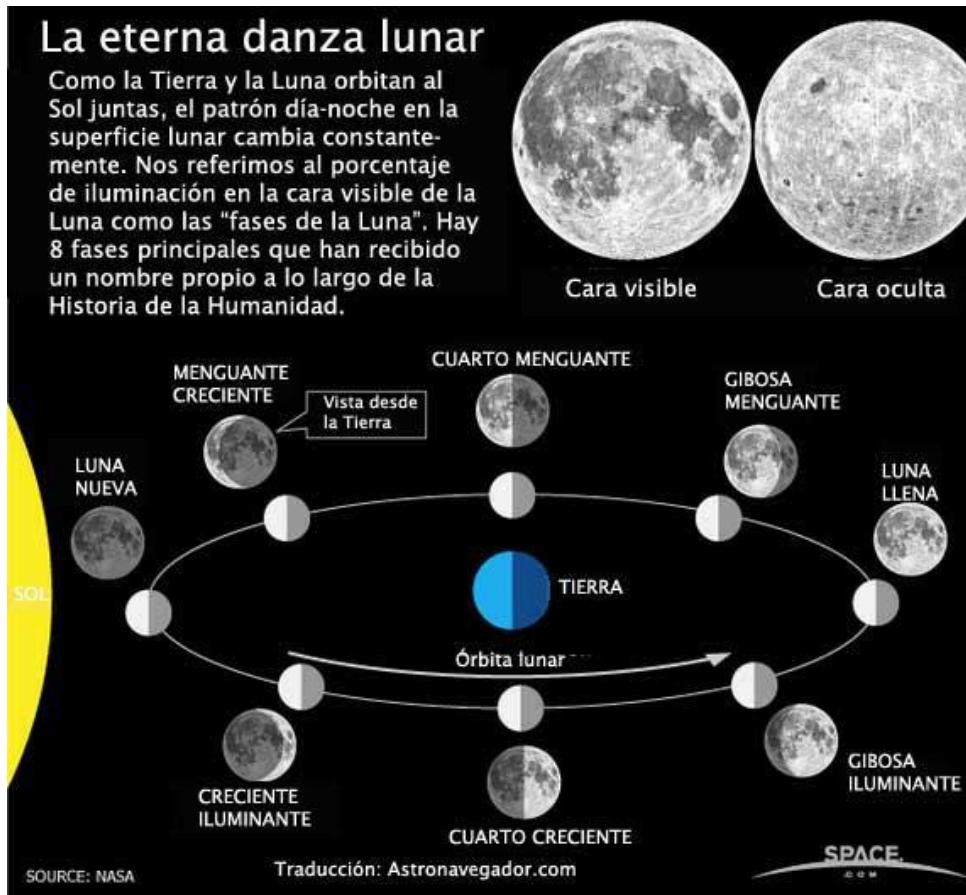
El periodo de traslación de la Luna alrededor de la Tierra (mes o revolución lunar) puede definirse de otros diferentes modos distintos a los ya mencionados (mes sidéreo y sinódico):

*Revolución anomalística:* Es el tiempo que transcurre entre dos pasos consecutivos de la Luna por el perigeo, el cual a su vez tiene un movimiento diario de  $6' 40'',92$  en sentido directo completando una vuelta en aproximadamente 9 años, 27 días 13 horas 18 minutos 33,2 segundos, (Cepeda, 2006).

*Revolución draconítica:* Intervalo medio de dos pasos consecutivos de la Luna por el nodo ascendente de su órbita, que retrograda diariamente  $3' 10''$  completando un ciclo en 18 años  $2/3$  aproximadamente. Su duración es de 27 días 5 horas 43 minutos 35,8 segundos. Este periodo rige las variaciones de la latitud celeste de la Luna y juega un papel importante en la predicción de los eclipses. La Luna, el Sol y la Tierra sólo están en una línea cuando la Luna está cerca de la Eclíptica, es decir, cuando está cerca de uno de los nodos. El término draconítico se refiere al dragón mitológico que vive en los nodos y regularmente se come el Sol o Luna durante el eclipse, (De Orús et al., 2007).

<sup>27</sup> La relación de las fases de la Luna con su revolución alrededor de la Tierra. El tamaño de la Tierra y la Luna, así como su distancia, no están en la proporción correcta. En esta imagen lo siguiente también está representado: la rotación sincrónica de la Luna, el movimiento de la Tierra alrededor del centro de masa común, la diferencia entre el mes sidéreo y sinódico (marca verde), la inclinación del eje de la Tierra. (Nota: En el momento de la Luna nueva no se ve nada más que el Sol brillante).

**Figura 2-27.** Órbita de la Luna y las fases vistas desde la Tierra.

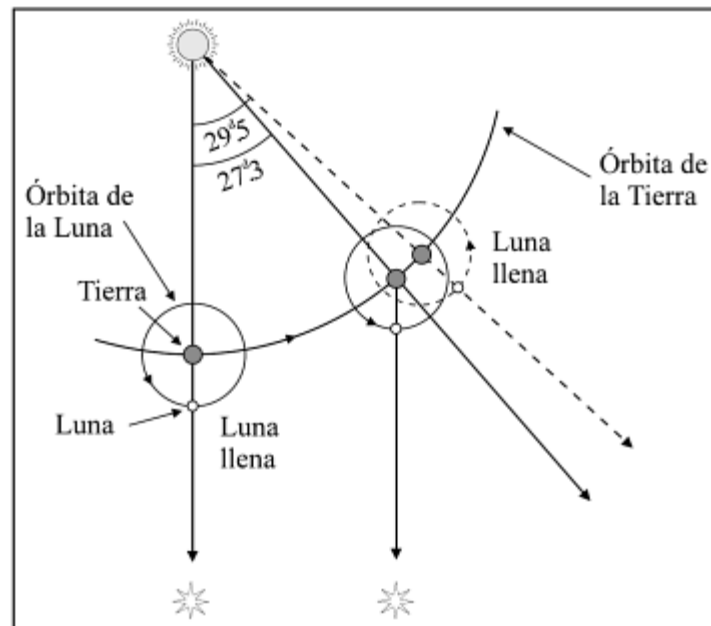


Fuente: [http://www.astronavegador.com/Sistema\\_Solar/La\\_Luna.htm](http://www.astronavegador.com/Sistema_Solar/La_Luna.htm)

**Revolución trópica.** Es el tiempo necesario para que la longitud de la Luna, referida al equinoccio medio, aumente  $360^\circ$ . Como el equinoccio tiene un movimiento de precesión<sup>28</sup> y nutación<sup>29</sup> (Figura 2-29, 2-30), el mes trópico es más corto que el sideral, 27 días 7 horas 43 minutos y 4,7 segundos, (Cepeda, 2006).

<sup>28</sup> La Tierra es un elipsoide de forma irregular, aplastado por los polos y deformado por la atracción gravitacional del Sol, la Luna y, en menor medida, de los planetas. Esto provoca una especie de lentísimo balanceo en la Tierra durante su movimiento de traslación llamado "precesión de los equinoccios", que se efectúa en sentido inverso al de rotación, es decir, en sentido retrógrado (sentido de las agujas del reloj). Bajo la influencia de dichas atracciones, el eje va describiendo un doble cono de  $47^\circ$  de abertura, cuyo vértice está en el centro de la Tierra. Debido a la precesión de los equinoccios, la posición del polo celeste va cambiando a través de los siglos. Actualmente la estrella Polar no coincide exactamente con el Polo Norte Celeste.

<sup>29</sup> Sobre el eje de rotación actúa también otro mecanismo perturbador. El plano de la órbita de la Luna no coincide con la Eclíptica de manera que su atracción gravitacional tiene direcciones diferentes a la ejercida por el Sol. Este efecto, conocido como nutación, obliga al eje terrestre a describir un pequeño

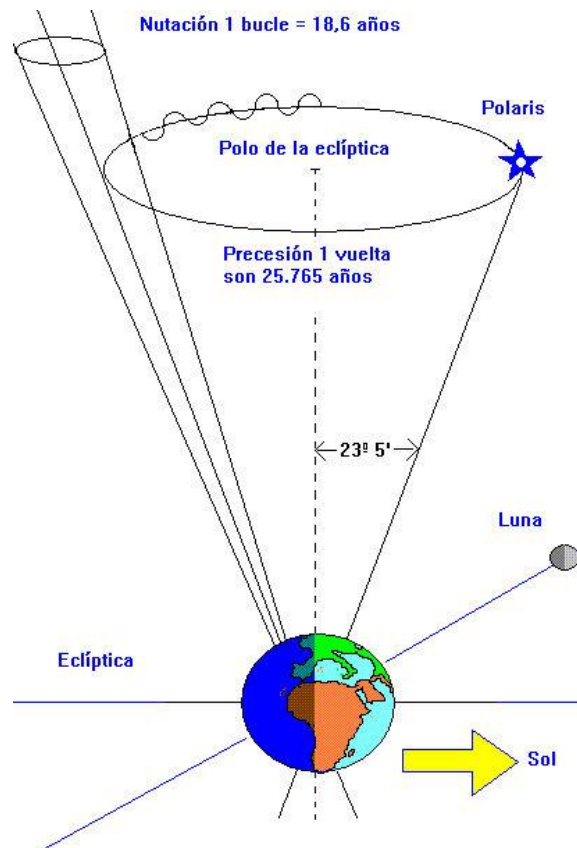
**Figura 2-28.** Mes sinódico y periodo sidéreo de la Luna.**Figura 2-29.** Precesión y Nutación.

Fuente: <http://www.astroaspe.es/precesion.htm>

movimiento elíptico. Como resultado de las dos perturbaciones, nutación más precesión, el eje de rotación describe una superficie levemente ondulada, caracterizada por unos bucles cuyo número es de 1300 en un ciclo completo. El movimiento de nutación de la Tierra fue descubierto por el astrónomo británico James Bradley.



**Figura 2-30.** Concepto de precesión donde el Polo Norte describe una elipse.

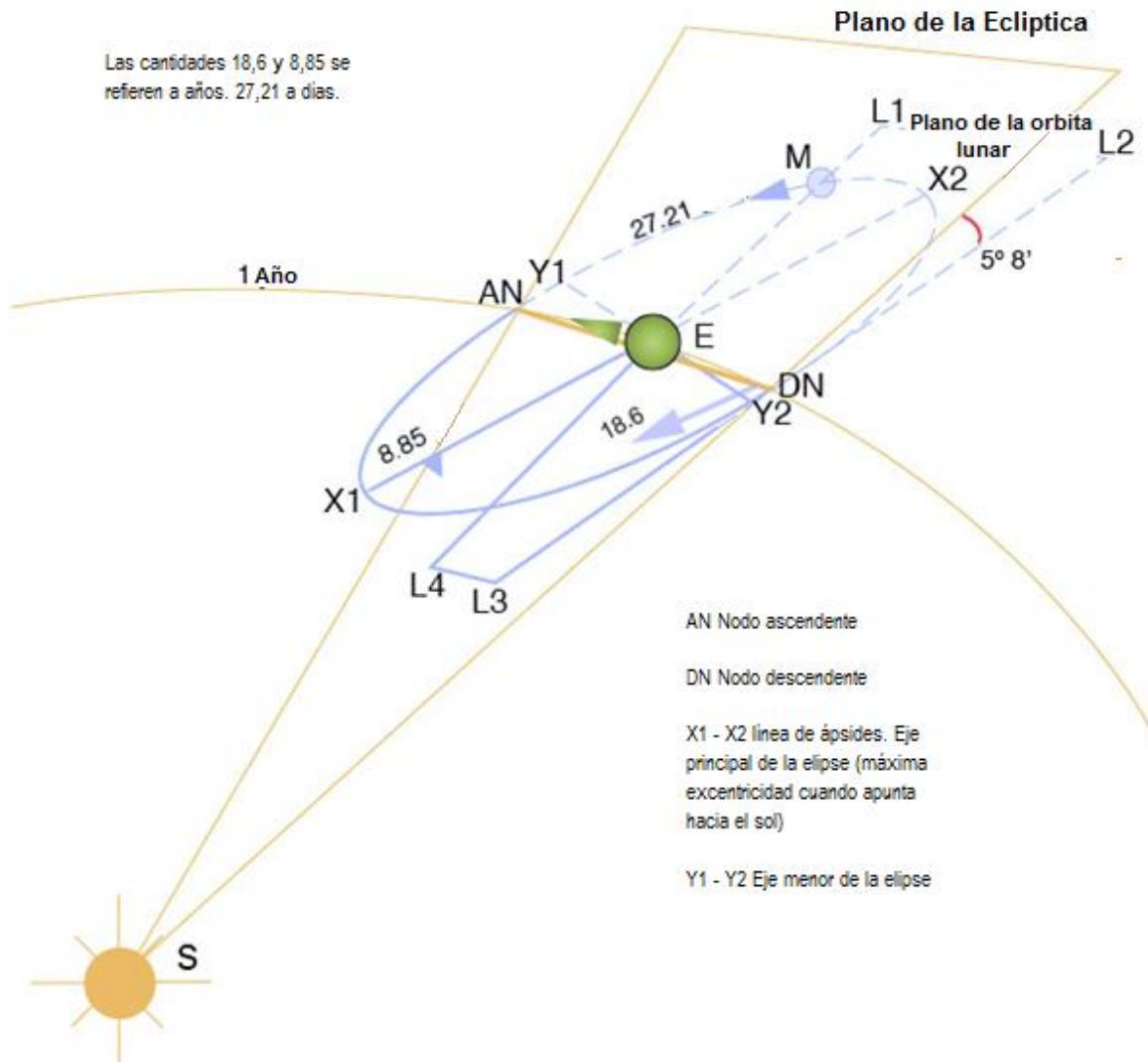


Fuente: <http://www.astroaspe.es/precesion.htm>

La Luna se mueve alrededor de la Tierra en una órbita aproximadamente elíptica cuyos valores medios del semieje mayor ( $a = 384400 \text{ km}$ ), la excentricidad ( $e = 0,05490$ ) y la inclinación ( $i = 5^{\circ}8'43'',4$ ) y, como ya se ha mencionado, este movimiento se ve fuertemente perturbado por el Sol. Es por esta causa que estos tres elementos están sujetos a variaciones periódicas alrededor de dichos valores. La excentricidad varía de 0,044 a 0,067 en un periodo de 32 días, la inclinación oscila entre  $4^{\circ}58'$  y  $5^{\circ}19'$ , y el eje mayor en sentido directo se desplaza con un periodo de 8 años 310 días. Los nodos lunares se desplazan constantemente por la Eclíptica al encuentro del movimiento de la propia Luna, es decir, hacia el occidente, dando una vuelta entera por la misma en 18 años y 7 meses (6793 días medios); el perigeo de la órbita lunar se mueve constantemente hacia el oriente dando una vuelta completa en aproximadamente 9 años (3232 días medios). El desplazamiento de los nodos lunares en cada revolución es aproximadamente  $1,5^{\circ}$ . Por consiguiente, al transcurrir un mes sidéreo la Luna no regresa exactamente a su posición anterior, haciendo toda una revolución por una ruta ligeramente distinta. Esto se puede comprobar con facilidad en las ocultaciones estelares mensuales, sobre todo si oculta cúmulos estelares como el de las

Pléyades. Al cabo de 18 años y 7 meses (el tiempo antes mencionado), cuando los nodos han completado una vuelta completa, la órbita lunar ocupa de nuevo su posición anterior y su movimiento mensual transcurre por la misma trayectoria (Violat, 1996).

**Figura 2-31.** Perturbación Lunar<sup>30</sup>.



Fuente: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lunar\\_perturbation.jpg#filehistory](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lunar_perturbation.jpg#filehistory). La imagen ha sido modificada traduciendo el texto del inglés al español, de acuerdo al permiso Creative Commons que da el autor permitiendo su modificación.

<sup>30</sup> En Astronomía, un **ápside** es el punto de mayor o menor distancia dentro de una órbita elíptica a su centro de atracción, que es generalmente también el centro de masas. El texto de la imagen que se encontraba en inglés fue modificado a español.

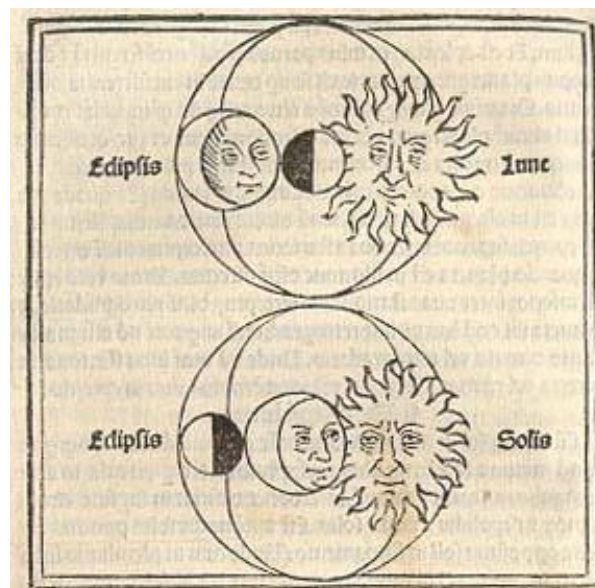
El movimiento de los nodos influye de manera notoria en las condiciones de visibilidad de nuestro satélite. Cuando el nodo ascendente coincide con el equinoccio de primavera entonces la órbita lunar está situada fuera del ángulo entre el ecuador celeste y la eclíptica. El ángulo entre la órbita lunar y el ecuador celeste es igual a  $28^{\circ}35'$  ( $23^{\circ}26' + 5^{\circ}9'$ ), pero si el nodo descendente se halla en el punto del equinoccio de primavera, entonces la órbita lunar está entre el ecuador celeste y la eclíptica. Por consiguiente el ángulo entre la órbita de la Luna y el ecuador celeste es igual a  $18^{\circ}17'$  ( $23^{\circ}26' - 5^{\circ}9'$ ), (Figura 2-31).

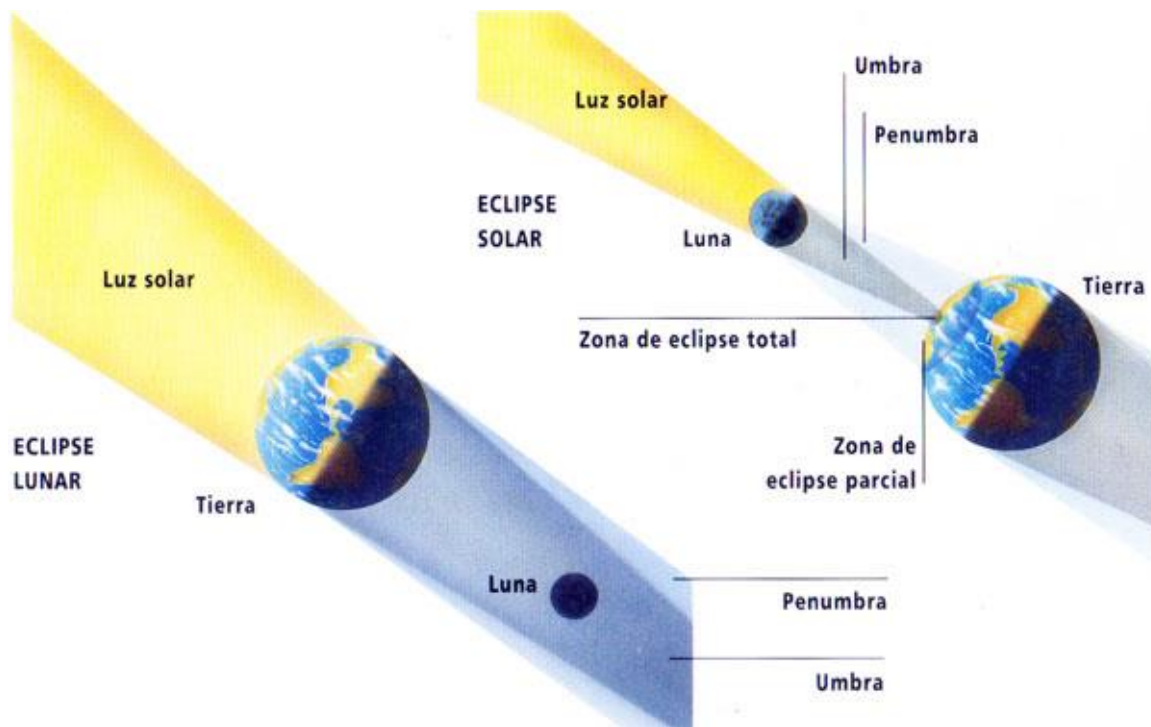
## 2.6. Eclipses

Un eclipse es la ocultación transitoria de un astro, o la perdida de luz ocasionada por la interposición de un cuerpo celeste, para un observador, como lo afirma Cepeda (2006). Un eclipse de Sol sucede cuando la Luna oculta parcial o totalmente el Sol, visto este desde la Tierra. En un eclipse de Luna la Tierra impide parcial o totalmente la iluminación de nuestro satélite (Figura 2-33). En general, los eclipses pueden presentarse en cualquier sistema dinámico en el universo.

La alineación del Sol, la Tierra y la Luna, solo puede producirse cuando la Luna se encuentra en la línea de nodos. Entonces sucede un eclipse. La Luna, en su movimiento alrededor de la Tierra, interviene en dos ocasiones en forma particular: durante los eclipses de Sol como objeto activo y en los eclipses de Luna como objeto pasivo.

**Figura 2-32.** Eclipses por Johannes de Sacrobosco, Venecia, 1482.

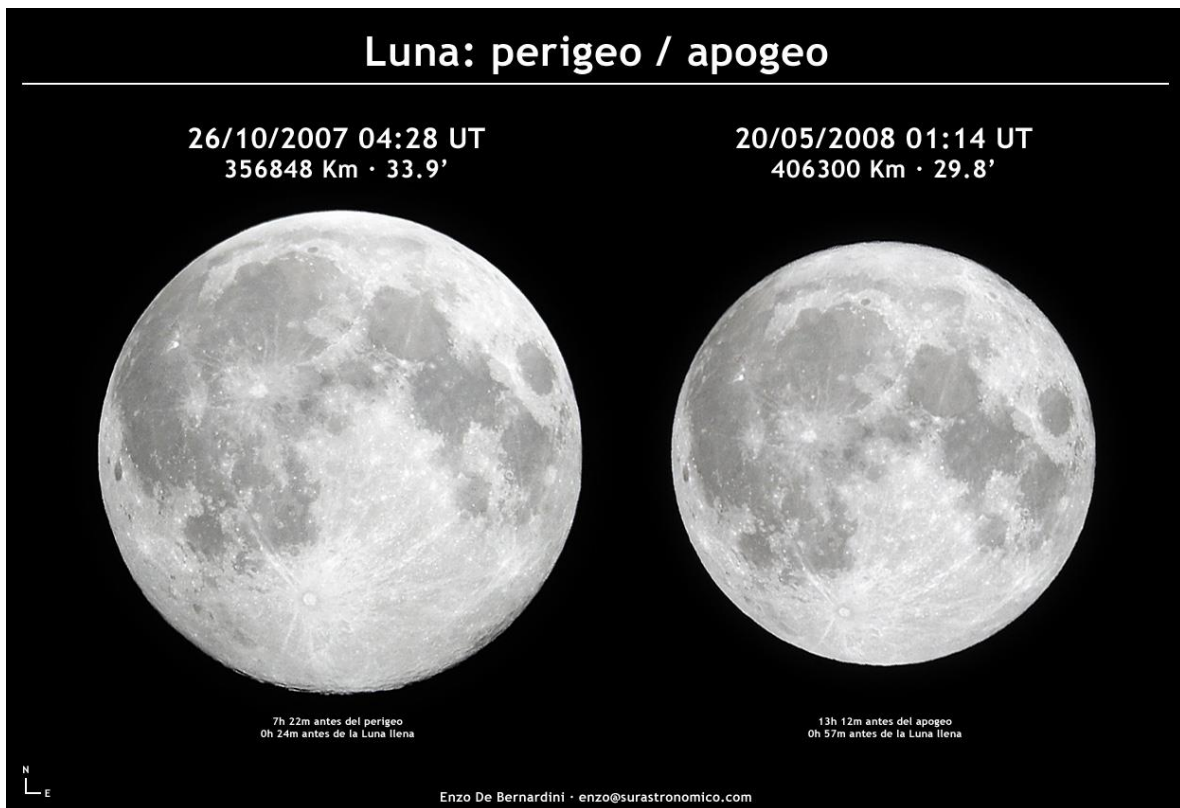


**Figura 2-33.** Eclipses Lunar y Solar.

Fuente: <http://www.astroyciencia.com/wp-content/uploads/2008/02/eclipse-sol-y-luna.jpg>

### 2.6.1. Tamaños del Sol y la Luna

Al ser la órbita de la Tierra elíptica con una pequeña excentricidad (casi circular), hace que en una época del año, a principios del año, el disco solar se vea un poco más grande, alrededor de un 3 %, que seis meses más tarde. Con la Luna se produce un efecto similar, más pronunciado al ser su órbita más elíptica: el tamaño de la Luna puede variar en más de un 16 % para un mismo observador en distintos momentos (Figura 2-34). El diámetro medio de la Luna es de 3476 km, o sea, una fracción de 0,2725 del diámetro ecuatorial de la Tierra. El diámetro angular mínimo se apreciará cuando la Luna se encuentre en el apogeo, es decir, lo más lejos posible de la Tierra, obteniéndose:  $29'22''{,}8$ . El tamaño máximo se dará cuando la Luna se encuentre lo más cerca posible de la Tierra (perigeo) y el observador la tenga en su cenit (es decir, a la distancia hay que descontar un radio terrestre), con lo que se obtiene:  $34'05''{,}5$ . Si el tamaño angular máximo de la Luna fuera menor que el tamaño angular mínimo del Sol (cuando la Tierra se encuentra en el punto más lejano de su órbita, *afelio*) no tendríamos eclipses totales de Sol, pues la Luna nunca podría cubrir todo el disco solar (Cepeda, 2006). Los eclipses se verían como parciales o anulares.

**Figura 2-34.** Variación del tamaño de la Luna<sup>31</sup>

### 2.6.2. Periodicidad de los eclipses

El periodo durante el cual el Sol está cerca de los nodos lunares es llamado temporada de eclipses donde ocurren al menos dos eclipses de Sol por año. Si la

<sup>31</sup> Datos de la Figura 2-34. [http://www.astrosurf.com/astronosur/galeria/Luna\\_perigeo\\_apogeo\\_1.htm](http://www.astrosurf.com/astronosur/galeria/Luna_perigeo_apogeo_1.htm)

Enzo De Bernardini · enzo@surastronomico.com	
Objeto	<b>Luna llena: perigeo y apogeo</b>
Fecha / Hora	26/10/2007 04:28 UT y 20/05/2008 01:14 UT
Cámara	SONY DSC-W5
Telescopio	Reflector Newtoniano 114 mm F/8
Método	Proyección afocal, ocular Plössl 32 mm
Exposición	-
Otros datos	Imágenes de la Luna llena en el perigeo (punto más cercano a la Tierra) y en el apogeo (punto más lejano a la Tierra) Puede verse claramente la diferencia de tamaño entre las imágenes producto de la diferencia en las distancias causada por la órbita elíptica de la Luna alrededor de la Tierra.

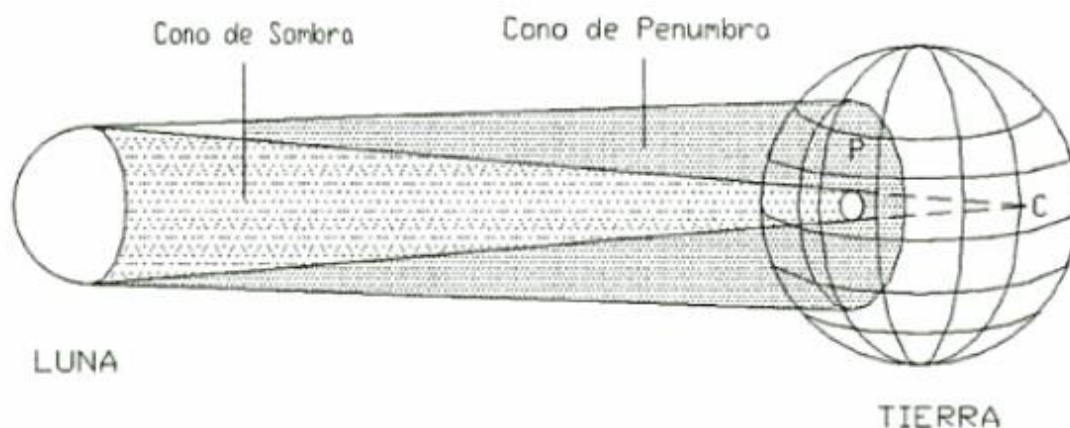


línea de nodos fuera fija en el espacio, los eclipses ocurrirían en las mismas fechas del año. Actualmente, la línea de nodos se mueve lentamente hacia el oeste a razón de  $19^\circ$  por año. Como resultado, una temporada de eclipse ocurre cada 173,3 días. Dos temporadas de eclipses constituyen un año eclipse<sup>32</sup>. Esto es 18,6 días más corto que el año solar y es igual al tiempo requerido por el Sol en cruzar el mismo nodo dos veces (Cepeda, 2006).

### 2.6.3. Eclipse de Sol

En la geometría de los eclipses, afirma Cepeda (2006), existen dos conos de sombra: el de penumbra y el de sombra. El cono de sombra tiene su vértice en C (Figura 2-35). Cualquier punto situado en la sombra estará oscuro pues no recibe iluminación del Sol, mientras que un punto situado en la penumbra estará parcialmente iluminado por el Sol, disminuyendo su iluminación, tendiendo a cero, cuando se aproxima a la sombra.

**Figura 2-35.** Conos de sombra y penumbra en un eclipse de Sol.



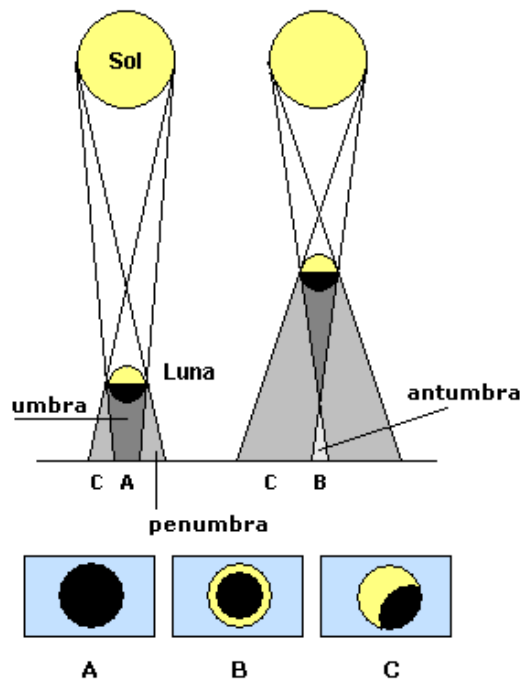
Para determinar el diámetro del cono de penumbra de la Luna en el lugar que alcanza la Tierra, se debe conocer el diámetro aparente del Sol que, como acabamos de ver, es de aproximadamente de  $0,5^\circ$ , más o menos igual al de la Luna. Por lo tanto, a cada lado de la sombra de la Luna, la penumbra tiene también un diámetro lunar, es decir, aproximadamente 3500 km, o sea, la penumbra tiene un diámetro aproximado a un radio terrestre en la región que se proyecta sobre la superficie terrestre.

<sup>32</sup> Período de tiempo empleado por el Sol en pasar por el mismo nodo lunar. Su duración es de 346,5305588 días.

El término eclipse central se refiere a cualquier eclipse en el cual el eje de sombra de la Luna intersecta la superficie terrestre. Cuando la Luna está en perigeo, su sombra se extiende unos 23500 km más allá del centro de la Tierra, la sombra, al tocar la superficie terrestre, forma un círculo de unos 273 km de diámetro. Sin embargo, cuando la Luna se encuentra en el apogeo y la Tierra en el perihelio, el vértice de la sombra llega a unos 39400 km antes de llegar a la superficie de la Tierra; al llegar la sombra a la Tierra forma un círculo de unos 313 km y los observadores situados dentro de esa sombra verán el eclipse como anular.

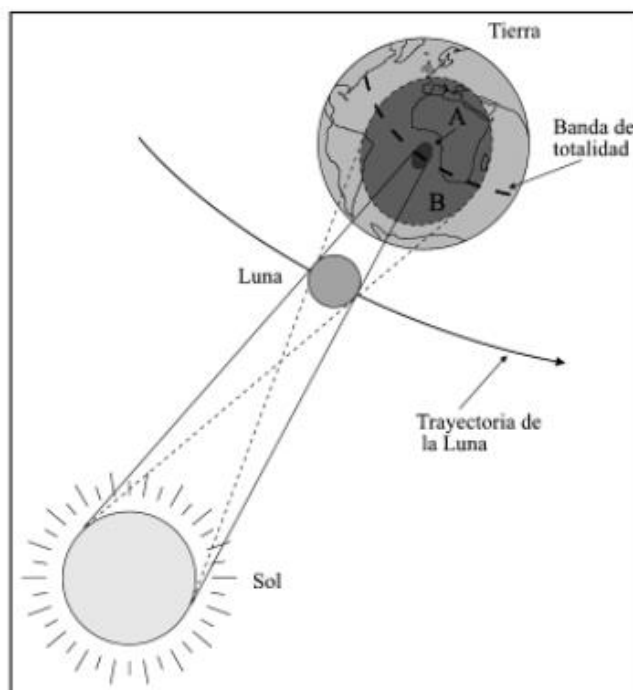
El tamaño angular de la Luna es aproximadamente igual al del Sol, ambos valen unos 30'. Esta circunstancia constituye una de las casualidades de la naturaleza y provoca, junto con el movimiento de la línea de nodos de la órbita de la Luna, los eclipses de Sol. Cuando la Luna se halla en la línea de nodos y se sitúa entre el Sol y la Tierra, en aquel momento, desde alguna zona de la superficie de la Tierra se observa que su disco tapa el Sol. Se produce un eclipse de Sol. Este eclipse puede ser *total* o *parcial*, dependiendo si la Luna llega o no a tapar por completo el disco del Sol (Figuras 2-36 y 2-37).

**Figura 2-36.** Eclipses solares.



Fuente: Francisco Javier Blanco González PAÍS: España IMAGEN: Tipos de eclipse solar, dependiendo de la distancia Sol-Luna -nueva versión de una anterior, ampliada- Imagen made by Paint, and x2y.

**Figura 2-37.** Configuración de un eclipse total o parcial de Sol<sup>33</sup>.



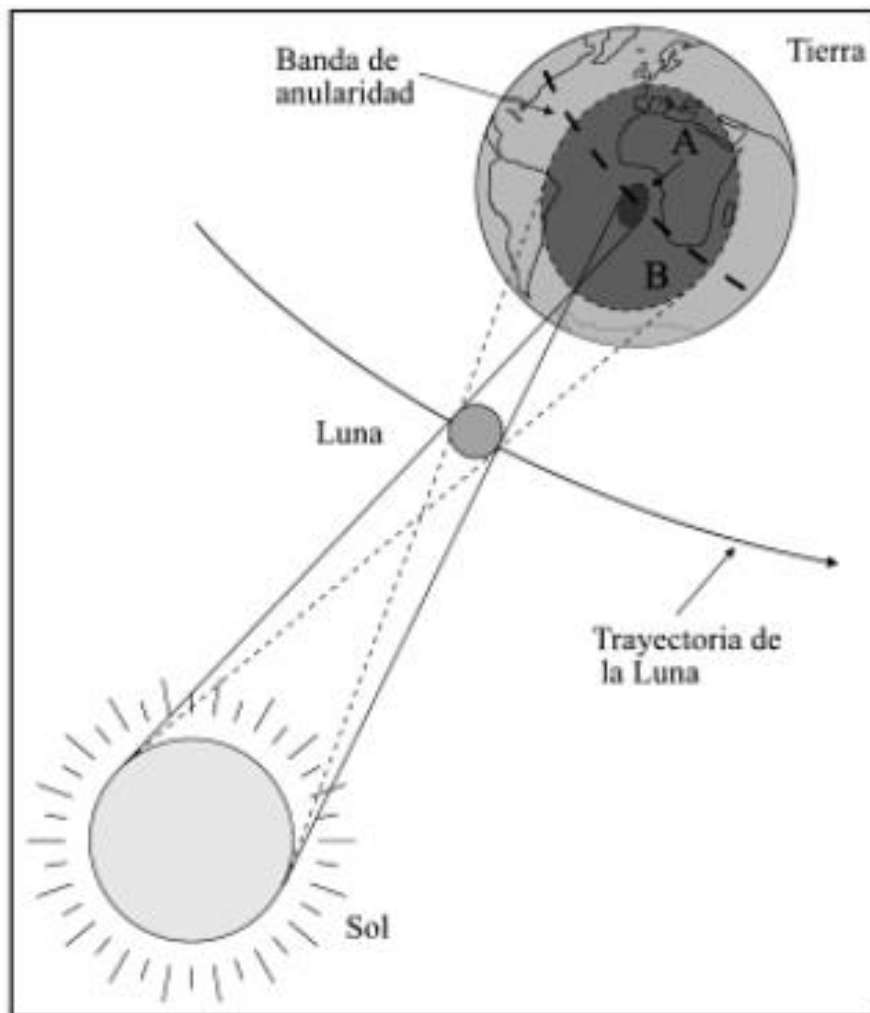
La rotación de la Tierra y el movimiento de la Luna hacen que la zona del eclipse total se desplace sobre la superficie terrestre a lo largo de la *banda de totalidad*, que suele medir entre 40 y 400 km de anchura y varios miles de kilómetros de longitud. En un lugar dado de esta banda, la luz del Sol llega a desaparecer totalmente durante un máximo de 7 minutos 31 segundos, aunque en general la fase de totalidad no sobrepase los 3 minutos de duración. Durante este tiempo, en el cielo se pueden apreciar los planetas y las estrellas más brillantes, y alrededor del disco solar se despliega la corona (Martínez et al., 2007).

Dado que la Luna sigue una órbita con cierta excentricidad, la distancia Tierra-Luna es variable y, por lo tanto, también su tamaño angular aparente. Se pueden producir, por tanto, eclipses *anulares* de Sol, en los cuales las dimensiones angulares del Sol son mayores que las de la Luna y se observa un anillo luminoso alrededor de esta (Figura 2-38).

<sup>33</sup> El área **A** indica la zona sobre la superficie terrestre donde se observa un eclipse total. La zona **B**, a su alrededor, solo se observa un eclipse parcial. Sobre la superficie de la Tierra se presenta la banda de totalidad donde el eclipse llega a observarse como total.

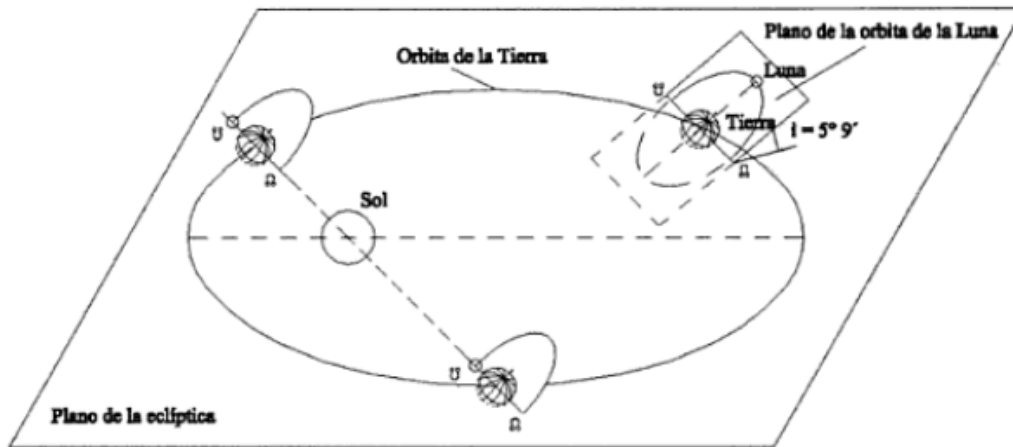


**Figura 2-38.** Configuración de un eclipse anular de Sol<sup>34</sup>.



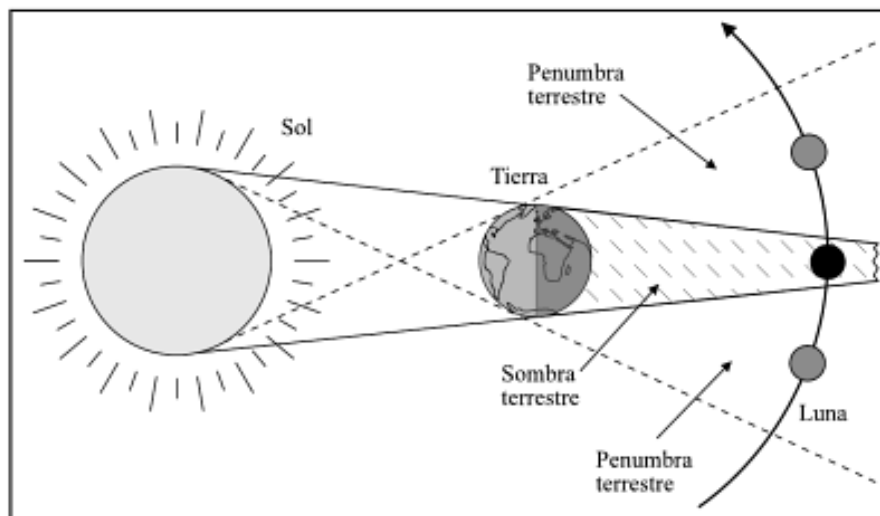
Para que se produzca un eclipse de Sol es necesario que la Luna se sitúe entre el Sol y la Tierra. Por lo tanto, la Luna necesariamente debe estar en fase de Luna nueva. Dado que la órbita de la Luna mantiene un ángulo de inclinación respecto de la eclíptica de  $5^{\circ}9'$ , no todas las lunas nuevas producen eclipses de Sol. Consecuentemente, la condición necesaria para que se dé un eclipse de Sol consiste en que la Luna nueva ocurra cerca de la línea de los nodos (Martínez et al., 2007). Estos requisitos implican que solo se ocasionen 2 o 3 eclipses solares cada año (Figura 2-39).

<sup>34</sup> La zona **A** es la superficie terrestre donde se observa el eclipse anular. En la zona **B**, a su alrededor, solo se observa un eclipse parcial. Sobre la superficie de la Tierra se representa la banda de anularidad, desde la cual el eclipse llega a observarse como anular.

**Figura 2-39.** Órbita de la Luna respecto de la eclíptica.

#### 2.6.4. Eclipse de Luna

Un fenómeno curioso se produce cuando la Luna entra en la sombra producida por la Tierra. Para estos casos, la Tierra se encuentra situada entre la Luna y el Sol, y se produce un *eclipse de Luna*. Este fenómeno ocurre solo cuando la Luna se sitúa en las cercanías de la línea de nodos y la Tierra se halla entre el Sol y la Luna (Figura 2-40).

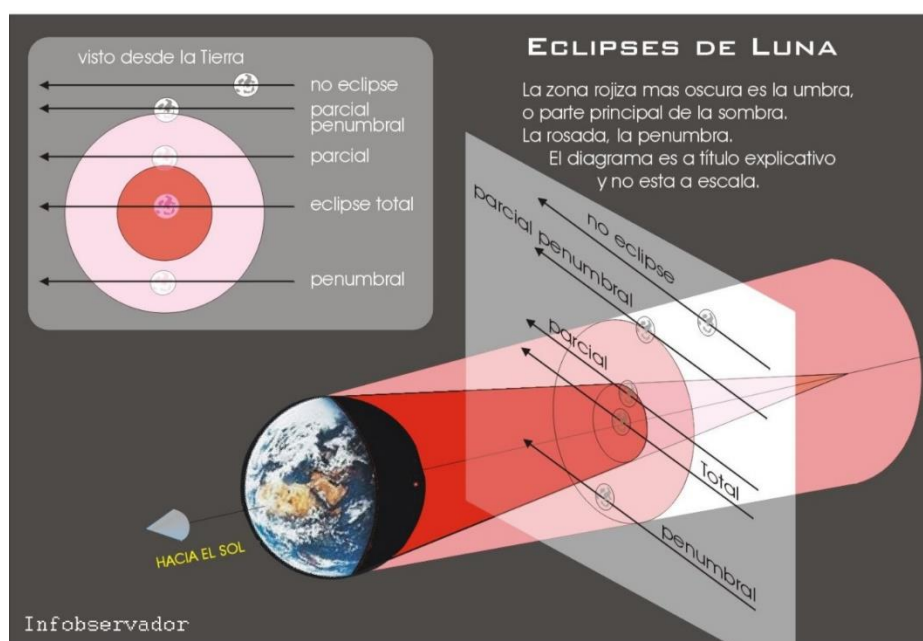
**Figura 2-40.** Configuración de un eclipse de Luna<sup>35</sup>.

<sup>35</sup> Un observador situado en el hemisferio nocturno de la Tierra ve como la Luna entra primero en la penumbra terrestre (eclipse lunar penumbral) y luego lo hace en la sombra, donde no recibe la luz directa (eclipse lunar total). Finalmente la Luna vuelve a pasar por la región de penumbra.

En la figura 2-41 distinguimos cómo, sobre el fondo del cielo, se forman dos círculos concéntricos: uno el de la penumbra de la Tierra y el otro el de la sombra de la Tierra. La Luna atraviesa estos dos círculos dando lugar al eclipse total de Luna. En el eclipse total de Luna, el satélite se encuentra algún tiempo inmerso totalmente en el cono de sombra de la Tierra. Pese a ello, la Luna no desaparece completamente debido al fenómeno de refracción en la atmósfera terrestre incidiendo sobre la superficie lunar. La luz roja se refracta más que la azul, es por esta razón que la Luna en ciertos eclipses toma una coloración rojiza, anaranjada, ocre o incluso ser tan oscura que no llegue a percibirse. Este fenómeno es debido a que los rayos solares inciden tangencialmente sobre nuestra atmósfera refractándose y penetrando en el cono de sombra de la Tierra. La luz rojiza de longitud más larga es la que pasa con mayor facilidad; otra causa se relaciona con la pureza de la atmósfera, en algunas ocasiones por contaminación de polvo cósmico o de cenizas volcánicas (Portilla, 2001).

Cada año ocurren tan solo uno o dos eclipses de Luna. Sin embargo, y a diferencia de los eclipses solares, los lunares son visibles desde todo el hemisferio nocturno de la Tierra, concretamente desde toda la zona no iluminada que tiene sobre su horizonte a la Luna llena y, por lo tanto, resultan más fáciles de observar. La duración de los eclipses de Luna puede llegar a prolongarse hasta un máximo de tres horas y media.

**Figura 2-41.** Tipos de eclipse lunar.

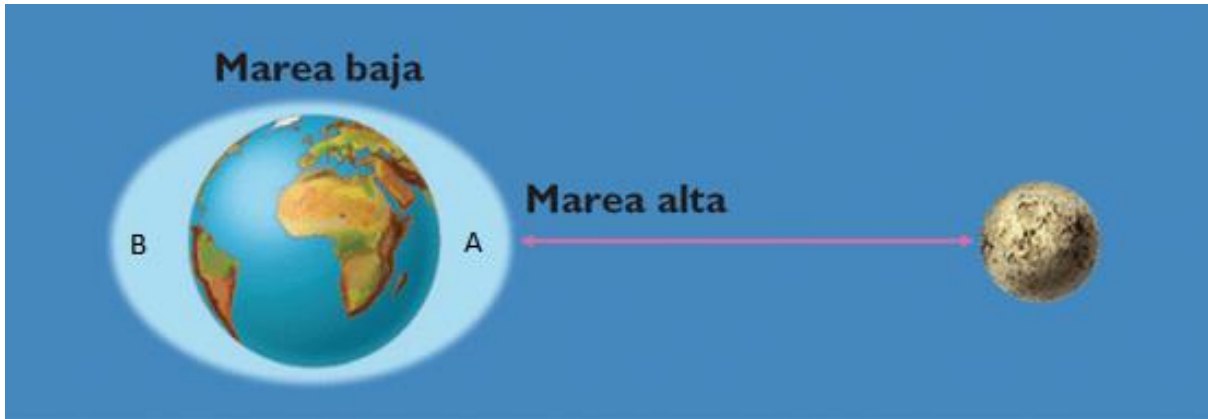


Tomada: <http://infobservador.blogspot.com/2010/09/los-eclipses-de-luna.html>

### 2.7. Mareas

Las dimensiones de la Tierra no son tan despreciables en relación con las distancias Tierra-Luna y Tierra-Sol. Debido a esto, la atracción gravitatoria que estos cuerpos celestes ejercen sobre la Tierra no actúa de la misma manera en puntos diferentes de la superficie terrestre.

**Figura 2-42.** Descripción de las mareas lunares.



Fuente: [http://co.kalipedia.com/ciencias-tierra-universo/tema/influencia-luna-mareas.html?x=20070924klpcnafyq\\_215.Kes&ap=1](http://co.kalipedia.com/ciencias-tierra-universo/tema/influencia-luna-mareas.html?x=20070924klpcnafyq_215.Kes&ap=1)

Las fuerzas de marea actúan sobre la capa líquida que cubre gran parte de la superficie de la Tierra: se producen dos abultamientos alineados con la dirección Tierra-Luna. El nivel del agua en los océanos crece en esta dirección. En los puntos A y B se producirá un flujo o *marea alta*, mientras que en los puntos situados a 90° se observará un reflujo o *marea baja*. En un punto dado de la superficie terrestre se dará marea alta cada vez que la Luna pase por la culminación superior o inferior. El periodo de tiempo en el que se repite el ciclo de mareas asciende a la mitad de 24 h 52 m, que equivale al periodo de rotación terrestre, aproximadamente 24 h, más los 52 m de retraso medio que corresponden al recorrido de 13° realizado por la Luna sobre la esfera celeste en sentido directo, contrario al movimiento diurno aparente del firmamento (Martínez et al., 2007).

El Sol también ejerce su atracción gravitatoria sobre la Tierra, pero las fuerzas de marea que induce son menores. Estas fuerzas de marea solares son 2,2 veces menores que las debidas a la Luna.

En la Luna nueva o llena, cuando la Tierra, la Luna y el Sol se encuentran alineados, las fuerzas de marea sobre la superficie de la Tierra se refuerzan y se hablan de *marea vivas*. En los cuartos lunares, el ángulo de la Tierra-Luna es de  $90^\circ$ , las fuerzas de marea debidas al Sol y a la Luna se contrarestan en parte y se habla de *mareas muertas*. Las fuerzas de marea inducen elevaciones en el nivel del mar que en mares cerrados como el Mediterráneo son casi imperceptibles, pero en los océanos abiertos llegan hasta los 15 metros.

### 3. ASPECTOS DIDÁCTICOS

#### 3.1. Software libre para la enseñanza de la Astronomía

Hace más de 9 años que Tim O'Reilly y Dale Dougherty introdujeron por primera vez el término Web 2.0. Desde entonces han crecido día a día y de forma exponencial las webs que siguen esta filosofía y ponen a disposición de los usuarios aplicaciones que les permiten comunicarse, compartir, intercambiar, etc.

O'Reilly y Dougherty establecieron el término como *“una segunda generación en la historia de la web basada en comunidades de usuarios y una gama especial de servicios y aplicaciones de Internet que se modifica gracias a la participación social”* (Castaño et al., 2008, citados por Moreno, A., 2012), aunque dicho término toma fuerza en la publicación que realiza la revista Time en el año 2006, donde se establece que *“los usuarios han sido los protagonistas del cambio, un cambio que ha transformado la Web de los datos en la Web de las personas. Un espacio de integración entre lo social y los tecnológicos, donde las nuevas herramientas y aplicaciones proporcionan servicios a los usuarios, y esos servicios generan contenidos, información y comunicación”* (Castellanos et al., 2011).

Esto comprende un amplio mundo de posibilidades a nivel educativo, puesto que permite la participación social de un grupo de personas para acceder, utilizar elaborar y transformar una serie de contenidos y aplicaciones, saltando la barrera de la individualidad en la formación a través de las nuevas tecnologías y acercando al profesor más a la filosofía del mediador del conocimiento y al alumno como verdadero constructor crítico de sus conocimientos, convirtiéndolo en una parte activa de su formación, e incluso la formación a cualquier hora y en cualquier lugar, siempre que podamos acceder a la información a través de un dispositivo informático y/o móvil.

Por ello, debemos de tener presente a la hora de aplicar este término en nuestro proceso educativo las siguientes características (Moreno, 2012):

- Interactividad. Es fundamental que la web permita un contacto interactivo entre dos o más sujetos.
- Conectividad. Sin el acceso a Internet los usuarios no pueden participar.

- Aplicaciones dinámicas y de estándares abiertos. Donde el contenido sea modificable continuamente por la participación de los distintos usuarios que accedan a una determinada web.
- Colaborativas y participativas. Se debe de fomentar la colaboración y participación entre los usuarios a la hora de acceder y elaborar contenidos o de aclarar informaciones ofrecidas o solicitadas por éstos.
- Aplicaciones simples e intuitivas. Toda aplicación de la web 2.0 debe estar adaptada a todo tipo de usuario, desde los más experimentados en temas informáticos hasta aquellos que presentan un nivel básico.
- Carácter Beta. Puesto que todos los contenidos y aplicaciones relacionadas con la Web 2.0 se van mejorando continuamente.
- Gratuidad y libertad de uso de las aplicaciones. Ya que eso permite la mayor participación posible entre todos los usuarios de la red.
- Movilidad. Aspecto éste relacionado con el término M-learning<sup>36</sup>, mucha de la información que se introduce en las aplicaciones web 2.0 se realizan en diversos lugares. Actualmente muchos de los usuarios se conectan a la red mediante su teléfono móvil, portátiles, Ipad, etc.

Zamarrazo, J. & Amorós, L. (2011, p. 171 – 172), establecen una serie de aspectos a tener en cuenta si se desea implantar la Web 2.0 dentro del proceso de enseñanza – aprendizaje:

- **Cambio de rol del educador.** Lo primero que se debe cambiar es la forma de dar clase del educador. Pasar de orador de conocimientos a organizador y orientador de información.
- **Cambio de rol del educando.** Al igual que el docente debe de cambiar, el estudiante debe de hacer lo mismo. Ya no basta con ser oyente en el aula, debe participar y colaborar en la realización de la tarea, adaptando los conocimientos a su estilo de aprendizaje.
- **De la enseñanza tradicional al creador de conocimientos e investigador.** Dejar de lado el momento en el que el educador emitía sus conocimientos a los alumnos que escuchaban atentos las nociones emitidas por éste, y pasar a motivar y a organizar los conocimientos de los que se tienen acceso con la Web 2.0, fomentando el constructivismo y la investigación por parte de los estudiantes.
- **Cambio de metodología y nuevos estilos de aprendizaje.** Es fundamental a la hora de implantar la Web 2.0 en el proceso de

---

<sup>36</sup> Se denomina **aprendizaje electrónico móvil**, en inglés, **M-learning**, a una metodología de enseñanza y aprendizaje valiéndose del uso de pequeños dispositivos móviles, tales como: teléfonos móviles, PDA, tabletas, PocketPC, iPod y todo dispositivo de mano que tenga alguna forma de conectividad inalámbrica.

enseñanza – aprendizaje, cambiar las metodologías y generar nuevos estilos de aprendizaje.

- **Formación docente.** De nada sirve tener muchos recursos tecnológicos si el profesorado sigue actuando como profesor tradicional. Se debe preparar al docente en el uso de las herramientas y en nuevas metodologías de aprendizaje.
- **Desarrollo de nuevas competencias.** Fomentar el desarrollo de nuevas competencias y destrezas para buscar, recopilar y procesar la información y convertirla en conocimiento.

Como se puede observar, para implantar la Web 2.0 en el sistema educativo y la escuela, no basta única y exclusivamente con dotar de recursos tecnológicos a las escuelas ni formar al profesorado en su uso, sino que se tiene que fomentar un cambio en la filosofía de la enseñanza y comprender los principios de la Web 2.0 (**Comunicarse, Compartir, Colaborar y Confiar**), aspectos todos ellos positivos y que pueden permitir a toda la comunidad educativa adaptarse a la nueva sociedad del conocimiento. Algunos ejemplos de iniciativas y servicios Web 2.0 son:

- **Blogs.** Proporcionan un sistema fácil y asequible de publicar en Internet a título individual o colectivo. Es el nodo más abundante en la Web 2.0. Concentra en un mismo sitio distintos recursos alojados en otros servicios. Admiten una gestión colaborativa de contenidos basada en roles. La información se organiza en artículos ordenados cronológicamente, páginas, enlaces y comentarios. Algunos portales de blogs más populares son: Blogger, Wordpress, Blogspot.
- **Wikis.** No están tan extendidos como los blogs porque demandan mayor nivel de compromiso en la construcción de contenidos. Se puede utilizar para crear la documentación de un proyecto de forma colaborativa: glosarios, enciclopedias, manuales, enlaces, etc. El espacio wiki por excelencia es la enciclopedia Wikipedia.
- **Gestores CMS** (Content Management System = Sistema de Gestión de Contenidos). Algunos ejemplos de CMS gratuitos son Joomla o Drupal. Se suelen utilizar para crear sitios web institucionales o corporativos. Para ello basta descargar la aplicación y subirla a un servidor de hosting. Permiten la publicación colaborativa (roles) en línea de las noticias que afectan a una comunidad. Basan la organización de los artículos en secciones (cajones) y categorías (carpetas dentro de esos cajones). El uso de CMS deja atrás los sitios web estáticos HTML diseñados con FrontPage, Dreamweaver, etc., y que se actualizaban subiendo sus páginas mediante un cliente FTP.



- **Plataforma de e-learning.** Se denominan sistemas LMS (Learning Management System = Sistema de Gestión del Aprendizaje), se utilizan para crear entornos de e-learning. El LMS más utilizado actualmente es Moodle. El profesor/a crea un curso que consiste en una agenda de contenidos y actividades que el alumno realiza siguiendo los pasos establecidos. El sistema se complementa con unas herramientas de comunicación (mensajería interna y foros) y con un subsistema de seguimiento de la actividad del aprendiz. Muchas universidades e instituciones públicas educativas han abandonado el desarrollo de sus propias plataformas de e-learning en favor del uso de Moodle. Tanto los CMS como LMS se han clasificado como sitios “Web 1.5” porque admiten un uso 1.0 ó 2.0 en función de cómo sus administradores organicen la participación de los usuarios.
- **Imágenes.** Espacios como Flickr, Picasa, etc., permiten el alojamiento en línea de imágenes y luego su posterior utilización en otros servicios o recursos. Otros espacios web de valor añadido como Pixlr ofrece la posibilidad de editar imágenes y añadirles efectos a partir de imágenes propias o alojadas en los repositorios anteriores.
- **Podcasts.** Permiten el almacenamiento y difusión de audios. Se trata de recursos que se integran en cualquier CMS o bien se enlazan directamente. Se agrupan y clasifican en categorías o por etiquetas para facilitar la búsqueda de los activos propios y ajenos. Ejemplos: LastFM, Odeo, GoEar, PodSonoro, etc.
- **Google Maps.** La localización geográfica de imágenes, textos, enlaces, vídeos o documentos facilita el desarrollo de contenidos en múltiples contextos.
- **Repositorios de vídeos.** Youtube es el gran líder especializado en el alojamiento y difusión de vídeos. Se dispone de millones de documentos videográficos sobre los temas más variados. No sólo proporciona soporte de almacenamiento sino también de difusión en streaming facilitando su correcta visualización a través de Internet. Se pueden crear listas de reproducción temáticas, canales, anotaciones en los vídeos, subtítulos, etc. Existen multitud de espacios que representan una alternativa para publicar vídeos: Revver, MetaCafe, Vimeo, etc. Algunos soportan retransmisión en directo como LiveStreaming.
- **Ofimática en línea.** Creación y publicación compartida de documentos de texto, presentaciones y hojas de cálculo y, por otro lado, comunicación en

tiempo real (mensajería instantánea) o diferido (emails). En este contexto, por ejemplo, Google Apps puede ser un excelente recurso gratuito para crear y desarrollar una comunidad de trabajo. Otras posibilidades son eyeOS, y Zoho.

- **Presentaciones.** Uno de los usos más extendidos es el diseño y publicación en la Web de presentaciones de diapositivas como SlideShare o SplashCast, de fotografías como photobucket.com, de documentos como Scribd.com, que luego se insertan en blogs, wikis, y otros CMS, etc. Otra posibilidad interesante en el conocimiento histórico es organizar una presentación donde se ordenan cronológicamente los recursos sobre una línea de tiempo como XTimeline.
- **Marcadores sociales.** Utilizando servicios como del.icio.us (<http://delicious.com/>) se puede disponer en línea de los marcadores o favoritos a sitios web y compartir estas direcciones con los demás.
- **Software abierto:** Programa que incluye el código fuente y que permite su distribución como código fuente o compilado. Cuando no se distribuye el código fuente junto con el producto, debe proveerse un medio conocido para obtener sin costo el código fuente.
- **Software libre:** Programa informático elaborado mediante la colaboración de diversas personas y que permite a los usuarios copiar, modificar o distribuir su contenido sin tener que pagar derechos de propiedad intelectual, bajo ciertas normas de colaboración y uso. El Movimiento de software libre comenzó en 1983 cuando Richard Stallman anunció el proyecto GNU. La meta del movimiento es dar libertad a los usuarios de computadores reemplazando software con licencias restrictivas por software libre.

A continuación se hace un recuento de algunas de las aplicaciones que podemos encontrar en la Web de Astronomía y que proporcionan una importante ayuda como medios para la enseñanza de la misma.

#### 3.1.1. Stellarium - <http://stellarium.org/es/>

Stellarium es un programa gratuito de código abierto. Concebido como un proyecto de software que permite utilizar el ordenador como un planetario virtual. Muestra un cielo realista en 3D, tal como se aprecia a simple vista, con

binoculares o telescopio. Calcula las posiciones del Sol y la Luna, planetas y estrellas, y dibuja cómo vería el cielo un observador dependiendo de su situación y hora. También dibuja las constelaciones y simula fenómenos astronómicos como las lluvias de meteoritos y los eclipses lunares o solares. Stellarium puede usarse como herramienta educativa para enseñar el cielo nocturno, como ayudante de la observación para astrónomos aficionados, o simplemente como curiosidad para incentivar el estudio de las ciencias planetarias. Tiene una alta calidad de gráficos lo que permite ser usado en planetarios y proyectores reales.

#### 3.1.1.1. Lista de características

*Controles Básicos:* Arrastrando el ratón para explorar los alrededores, o moviendo hacia los bordes de la ventana. Control de tiempo: avanzar, retroceder, volver al presente.

*Zoom:* Ventanas de configuración tabuladas. Interface de usuario de texto. Mapa de ciudades del mundo para seleccionar las coordenadas. Guarda localización predeterminada.

*Observación:* Todas las estrellas del catálogo Hipparcos. Los planetas del Sistema Solar y sus satélites naturales. Todos los objetos Messier. Todos los objetos NGC<sup>37</sup>. Órbitas planetarias, Puntos Cardinales, Cuadrícula Azimutal, Cuadrícula Ecuatorial, Eclíptica, Línea Ecuatorial, Línea Meridiana, Escala Lunar, Órbitas de objetos, Asterismos y nombres de las constelaciones, Límites de las constelaciones, Compensación del tiempo de viaje de la luz, Montura ecuatorial/azimutal, Apertura, Vista de disco, Observación desde otro planeta, y como observador del Sistema Solar.

*Paisajes:* Proyección de ojo de pez. Proyección "estilo viejo": una textura de tierra y varias texturas laterales. Proyección esférica de panoramas.

*Visualización:* Representaciones artísticas de las 88 constelaciones provenientes de la mitología griega. Atmósfera realista. Niebla cercana a la superficie terrestre. Centelleo de las estrellas. Lluvia de meteoritos. Modo a pantalla completa o en ventana. Proyección en perspectiva. Proyección de ojo de pez. Proyección estereográfica. Proyección de espejo esférico. Renderizado de fuentes True Type. Mostrar imágenes por segundo (fps). Limitador de cantidad de imágenes.

---

<sup>37</sup> **Nuevo Catálogo General (NGC).** Este catálogo astronómico contiene información principalmente de cúmulos estelares, nebulosas y galaxias.

*Localización:* Cultura del cielo: Oeste (griega), China, antigua Egiptia, Polinesia, inuit. Localización del cielo (referido al idioma de las etiquetas del cielo). Localización de la aplicación (referido al idioma de los menús contextuales).

*Scripting:* Ventana de entrada de escritura. Carga de escritura vía interface de usuario.

#### 3.1.1.2. Requerimientos del sistema

Los requerimientos mínimos son: Linux/Unix, Windows 2000/XP/Vista/7/8; 64 bit MacOS X 10.6.8 o superior. Una tarjeta gráfica 3D con soporte para OpenGL 1.2. 256 MB RAM, 120MB en disco duro. Una habitación oscura para un ambiente realista - detalles como la Vía Láctea o el brillo de las estrellas no se pueden ver en una habitación muy iluminada.

#### 3.1.1.3. Guía rápida para el usuario

*Escoja la ubicación correcta:* La ubicación por defecto es París, Francia. Se puede clicar la ubicación en el mapa que hay en la ventana de configuración, o introducir las coordenadas manualmente. Para guardar los cambios, clicar "Seleccionar como predeterminada".

*Mira alrededor:* Usar el ratón o las flechas del teclado para mirar alrededor.

*Zoom:* Usar las teclas de Av. Pág y Re. Pág. para realizar las operaciones de zoom dentro o zoom fuera. Puede hacer zoom a las nebulosas o planetas.

*Seleccionando objetos:* Usar el botón izquierdo del ratón para seleccionar un objeto, el botón derecho para deseleccionarlo y el botón central o la barra espaciadora para centrar el objeto seleccionado.

*Controlando el tiempo:* La tecla J reduce la velocidad del tiempo, la tecla L la aumenta, y la tecla K hace que el tiempo vaya a la velocidad real. También se puede usar los botones de control de tiempo situados en la parte inferior izquierda de la pantalla.

*Menú de Ayuda:* Presionar la tecla H para obtener ayuda.

#### 3.1.1.4. Desarrolladores

Coordinador del proyecto: Fabien Chéreau

Autor/desarrollador doc: Matthew Gates

Desarrollador: Bogdan Marinov

Desarrollador: Alexander Wolf

Desarrollador: Timothy Reaves

Desarrollador: Guillaume Chéreau

Desarrollador: Georg Zotti

Desarrollador OSX: Nigel Kerr

Desarrollador OSX: Diego Marcos

Integración Continua: Hans Lambermont

Equipo de pruebas: Barry Gerdes

Equipo de pruebas: Khalid AlAjaji y todos los demás en la comunidad.

#### 3.1.2. Celestia - <http://celestia.es/> - <http://celestia.sourceforge.net/>

Software planetario gratuito, de libre distribución bajo licencia GNU, desarrollado por Chris Laurel (ingeniero desarrollador de programas, graduado en matemáticas y física en el St. Olaf College, Northfield MN) y por el grupo de Código Abierto de Celestia. Facilita explorar el Universo en tres dimensiones, simula viajes a través del Sistema Solar, observar estrellas de la Vía Láctea o incluso fuera de la galaxia. Celestia tiene con un catálogo bastante completo de estrellas, de galaxias, de planetas, de lunas, de asteroides, de cometas, y de naves espaciales. El usuario puede descargar (e incluso diseñar) gran cantidad de nuevos objetos, reales o imaginarios, y agregarlos fácilmente.

#### 3.1.3. Google Sky Map

Google Sky Map (Figura 3-1) permite ubicar en cada momento dónde se ubica cada estrella y cómo se llaman las constelaciones durante la noche o el día. Se basa en la localización del usuario para señalar físicamente dónde se encuentran los planetas y las constelaciones. Para usarlo se debe mover el teléfono móvil y Google Sky Map actualizará la información de lo que se ve en el firmamento. Usa del Smartphone el GPS, el acelerómetro y la brújula del teléfono para conseguir la información más confiable posible.

**Figura 3-1.** Google Sky Map para teléfonos móviles con sistema operativo Android.



Fuente: <http://www.google.com/mobile/skymap/>

#### 3.1.4. Sky Chart - Cartes du Ciel - <http://www.ap-i.net/skychart/es/start>

Este programa permite generar cartas celestes, haciendo uso de los datos de 16 catálogos de estrellas y nebulosas. Además se muestra la posición de los planetas, asteroides y cometas.

El propósito de este programa es habilitar diferentes mapas del cielo para una observación particular. Un gran número de parámetros ayudaran a elegir específica o automáticamente qué catálogos de usar, el color y la dimensión de las estrellas y nebulosas, la representación de los planetas, la visualización de las etiquetas y cuadrículas de coordenadas, la superposición de las imágenes, la condición de visibilidad y otras más características. Todas estas particulares hacen de este atlas celeste uno de los más completos.

#### 3.1.5. Virtual Moon Atlas - <http://ap-i.net/avl/en/start>

Virtual Moon Atlas, o VMA, es un programa gratuito para observación y estudio de la Luna, del mismo autor del Cartes du Ciel (Patick Chevalley y Christian Legrand), se puede visualizar el aspecto de la Luna para cada fecha y hora. También permite estudiar las formaciones lunares mediante una base de datos y librería de imágenes recopiladas por Christian Legrand. Se usa fácilmente de acuerdo a las

necesidades de observación, también para realizar estudios específicos de la Luna y su relieve. Está interconectado con el programa freeware “Sky charts o Cartes Du Ciel” de Patrick Chevalley.

Existe una nueva versión (SPECIAL EDITION / VMA "PRO" VERSION 6.0 *dedicated to the memory of Neil A. Armstrong 1930-2012*) del programa que tiene varios cambios importantes: como un nuevo administrador de bases de datos, interface mejorada con nuevos botones, 1.000 nuevas imágenes de las misiones Apolo e imágenes de 'lo mejor de los amateurs'. Existen varias versiones disponibles: **Light**, **Expert** y **Pro**; la diferencia entre ellas es la cantidad de datos e imágenes que contiene cada una.

### 3.1.6. OpenUniverse - <http://openuniverse.sourceforge.net/>

Es un software de simulación de cuerpos del Sistema Solar en 3D para ser usado en computadores con sistemas operativos Windows o Linux. A diferencia de un buen número de otros programas, este lo hace en tiempo real, lo que significa que puede ver todos los planetas, lunas y naves espaciales moviéndose en sus recorridos, seguirlos en órbita e incluso controlarlos.

OpenUniverse (OU) fue antiguamente conocido como *Solar System Simulador* (Ssystem). Lanzado inicialmente en noviembre 1997 con la intención de crear una pantalla de rotación de la Tierra en un PC principal. En la versión 1.0 sólo se podían ver los cuerpos principales (planetas); la versión 1.2 se agregan varias de las lunas. Solar System v1.6 añadió más formas de movimiento de los ojos del usuario (cámara) dentro de universo virtual de Sistema Solar, y por último, pero no menos importante mejores texturas para una gran cantidad de cuerpos. Esta versión, llamada actualmente OpenUniverse (OU), finalmente cambio de nombre para subrayar el concepto detrás del desarrollo del programa: Abierto para todo el Universo, no sólo el Sistema Solar. Abierto a usar, ampliar y cambiar.

### 3.1.7. NAAP Astronomía Labs - <http://astro.unl.edu/>

Animaciones Flash y simulaciones para la enseñanza de la Astronomía. Los temas incluyen estaciones, fases de la Luna, sistemas de coordenadas, la luz, y otros.

El Proyecto Applet Astronomía Nebraska suministra laboratorios en línea dirigidos al público en general para la introducción a la Astronomía. Cada laboratorio se compone de materiales de referencia y uno o varios simuladores que los

estudiantes utilizan en su trabajo a través de una guía para el estudiante. Se pueden descargar pruebas que está permitido utilizar para evaluar el aprendizaje de los estudiantes. Los materiales (en inglés) están diseñados para dar cabida a una variedad de necesidades. Guías del estudiante se proporcionan en formato MS Word (además del formato PDF) para que puedan ser editados si es necesario. Guías de demostración y hojas de trabajo en clase se proporcionan para laboratorios, esto como herramientas para los docentes que hacen uso de simulaciones NAAP.

### 3.1.8. Google Earth

Google Earth permite explorar cualquier parte del mundo a través de un globo terráqueo virtual y ver imágenes de satélite, mapas, relieve y edificios 3D, entre otras cosas. Con el preciso contenido geográfico de Google Earth, se puede experimentar una visión más realista del mundo. Dependiendo de lo que el usuario busque se puede llegar hasta un lugar favorito, buscar empresas e, incluso, desplazarse por las indicaciones para llegar a un destino.

Aunque Google Earth ofrece infinitas opciones, a continuación se muestran algunas de ellas.

- *Descubrir la Tierra:* llegar hasta cualquier lugar del mundo, obtener información sobre ciudades y sus características geográficas.
- *Explorar el cielo:* observar las maravillas del cielo y obtener información sobre el Sistema Solar.
- *Bucear en el océano:* llegar bajo la superficie, visitar las profundidades del océano y explorar las fosas marinas más profundas del planeta. Obtener información sobre observaciones oceánicas, el cambio climático y las especies en peligro.
- *Pasear por la Luna:* realizar viajes con las narraciones de los astronautas del Apolo por los lugares de aterrizaje y consultar modelos 3D de las naves espaciales.
- *Visitar Marte:* viajar por el planeta rojo y explorar las últimas imágenes tomadas por la NASA.

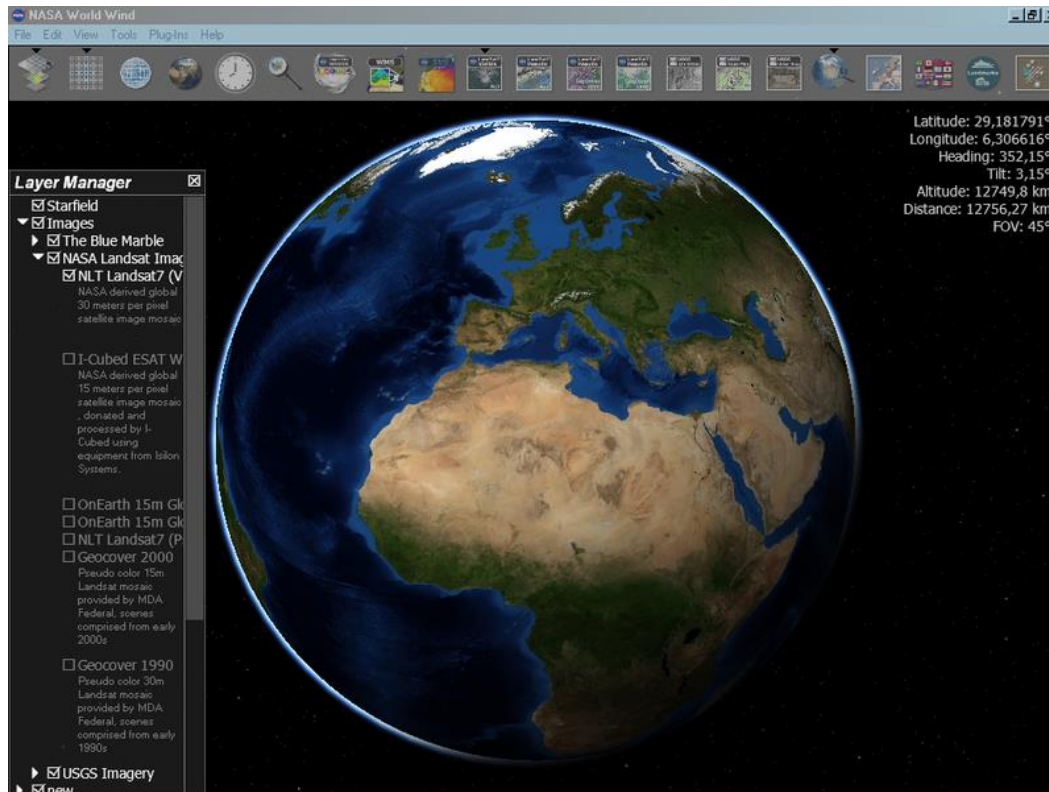
### 3.1.9. Nasa World Wind - [worldwind.arc.nasa.gov](http://worldwind.arc.nasa.gov)

World Wind (Figura 56) es un programa que funciona como un globo terráqueo virtual, desarrollado por la NASA para ser usado en cualquier ordenador personal con sistema operativo Windows. Aplica imágenes de satélites de la NASA y



fotografías aéreas del United States Geological Survey (USGS) sobre modelos tridimensionales de la Tierra, y para las últimas versiones, Marte y la Luna.

**Figura 3-2.** Captura de pantalla Nasa World Wind.



Fuente: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Worldwind.png>

Con su fácil plataforma el usuario logra interactuar con el cuerpo celeste seleccionado rotándolo y ampliando zonas. Además se pueden colocar a las imágenes topónimos, fronteras y otros datos. El programa contiene un módulo para visualizar imágenes de otras fuentes en Internet que usen el protocolo del Open Geospatial Consortium Web Map Service. Adicionalmente, existen muchas ampliaciones para World Wind que aumentan su funcionalidad. La resolución de las imágenes es mayor en Google Earth que en World Wind, pero las imágenes de World Wind son de dominio público mientras que las de Google Earth no. Además World Wind es ampliable, mientras que Google Earth contiene una funcionalidad cerrada.

### 3.1.10. World Wide Telescope

Cúpula planetario virtual muy completa, WorldWide Telescope (WWT) permite explorar el universo reuniendo imágenes de los mejores telescopios de Tierra que combina con la navegación 3D. Permite experimentar visitas guiadas narradas por astrónomos y educadores que ofrecen lugares interesantes en el cielo. Los usuarios pueden investigar e importar sus propios datos.

### 3.1.11. UNAWE – <http://es.unawe.org/>

UNAWWE es el primer intento a gran escala de usar la Astronomía como herramienta para inspirar y educar a los niños. Aunque los recursos (textos en PDF, videos, animaciones, entre otros) están abiertos a todos, el programa está dirigido principalmente a niños de 4 a 10 años, especialmente a los de las comunidades más desfavorecidas.

### 3.1.12. Asynx Planetarium v2.61 - <http://www.asynx-planetarium.com/>

Planetario con más de 2.500 estrellas y una considerable colección de constelaciones, además de otros cuerpos celestes que se pueden observar desde el ordenador. El programa admite modificar la situación del punto de observación (usando coordenadas de latitud y longitud), cambiar la hora adelantando o retrasando el reloj (y cambiando así la situación de las estrellas) y moverse por el firmamento desde dos perspectivas: horizontal, geocéntrica y heliocéntrica. Cuenta además con un completo sistema de ayuda online.

### 3.1.13. AstroViewer

AstroViewer es un mapa celeste interactivo que le ayuda *orientarse en el cielo nocturno* rápida y fácilmente. Debido a su interfaz de usuario intuitivo sirve bien a personas principiantes en Astronomía. El software planetario AstroViewer muestra un mapa interactivo del cielo para cualquier momento y cualquier lugar de la Tierra, permite encontrar los nombres e información detallada de los cuerpos celestes en pantalla (estrellas, planetas, etc.), localizarlos al igual que las constelaciones, e imprimir cartas celestes. También se puede mostrar un mapa en 3D del Sistema Solar.

### 3.1.14. Eclipse Software EmapWin

Simula eclipses solares desde el año 3000 a. C. hasta el 3000 d. C. Su característica más importante es que proporciona un mapa completo del eclipse (línea central de la umbra, límites norte y sur de la umbra y penumbra); muestra

una tabla con los límites de la umbra por longitud, representación gráfica de las circunstancias de observaciones locales y simulación. En inglés. *Freeware*.

### 3.1.15. Sky Map - <http://www.sky-map.org/>

Es un sistema interactivo de gestión de la información que abarca todo el espacio exterior. El elemento básico del sistema es un mapa detallado de todo el cielo estrellado que refleja muchos objetos celestes. No hay instrucciones adicionales necesarias para navegar por el mapa o cambiar su escala. Mediante el uso de la escala más pequeña, se puede ver todo el cielo. Utilizando la escala más grande, se puede ver pequeñas áreas con los objetos celestes más distantes y los más débiles.

## 3.2. Recursos de Astronomía en la Web

Las Ciencias Planetarias son un medio muy adecuado con el que iniciarse en los trabajos de investigación científica debido a la facilidad y sencillez de acceso y tratamiento de los datos recopilados por las diferentes sondas de exploración del Sistema Solar.

Aquí se muestran las fuentes de datos e información relacionadas con la exploración de planetas y satélites del Sistema Solar encontrados en la Web y que a su vez sirven como recurso para la enseñanza de la Astronomía (Borrero, 2002 y Henarejos, 2006) :

### Asociaciones astronómicas y Agencias espaciales

1. American Astronomical Society. [www.aas.org](http://www.aas.org)
2. Astronomical Society of South Australia. [www.assa.org.au](http://www.assa.org.au)
3. Aura. [www.aura-astronomy.org](http://www.aura-astronomy.org)
4. European Space Agency Portal. [www.esa.int/export/esaCP/index.html](http://www.esa.int/export/esaCP/index.html)
5. Local Astronomical Societies. [www.finderscope.com/local/societies.html](http://www.finderscope.com/local/societies.html)
6. NASA Home Page. [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)
7. Russian Space Web. [www.russianspaceweb.com](http://www.russianspaceweb.com)
8. The Astronomical Society of the Pacific. [www.astrosociety.org](http://www.astrosociety.org)
9. Asociación Astronómica Cántabra. [www.astrocantabra.es.org/index2.html](http://www.astrocantabra.es.org/index2.html)
10. Agrupación Astronómica de Madrid. [www.iac.es/AA/AAM/AAM.html](http://www.iac.es/AA/AAM/AAM.html)
11. American Association for the advancement of Science. [www.aaas.org](http://www.aaas.org)
12. American Association of Variable Star Observers. [www.aavso.org](http://www.aavso.org)

13. Asociación de Aficionados a la Astronomía. [www.aaa.org.uy](http://www.aaa.org.uy)
14. Association of Lunar & Planetary Observers. [www.lpl.arizona.edu/alpo](http://www.lpl.arizona.edu/alpo)
15. Astronomical League. [www.astroleague.org](http://www.astroleague.org)
16. Euro-Asian Astronomical Society. [www.issp.ac.ru/astro/eaas/index.html](http://www.issp.ac.ru/astro/eaas/index.html)
17. European Astronomical Society. [www.iap.fr/eas](http://www.iap.fr/eas)
18. International Association of Geodesy. [www.gfy.ku.dk/~iaag](http://www.gfy.ku.dk/~iaag)
19. International Astronomical Union. [www.iau.org](http://www.iau.org)
20. International Meteor Organization. [www.imo.net](http://www.imo.net)
21. International Planetarium Society. [www.ips-planetarium.org](http://www.ips-planetarium.org)
22. Liga Iberoamericana de Astronomía. [www.liada.net](http://www.liada.net)
23. Orange County Astronomers. [www.ocastronomers.org/default.asp](http://www.ocastronomers.org/default.asp)
24. Organizaciones de Astronomía en Colombia.  
<http://www1.eafit.edu.co/astrocol/informacion/historia.html>
25. The American Association of Amateur Astronomers. [www.corvus.com](http://www.corvus.com)
26. The British Astronomical Association. [www.briastro.org/index.html](http://www.briastro.org/index.html)
27. The Planetary Society. [www.planetary.org/](http://www.planetary.org/)
28. The Royal Astronomical Society of Canada. [www.rasc.ca](http://www.rasc.ca)

### Temas varios

1. Astronomy Journals. [www.library.umaine.edu/sec/curtis/info4au/default.htm](http://www.library.umaine.edu/sec/curtis/info4au/default.htm)
2. Carlsagan.com. [www.carlsagan.com](http://www.carlsagan.com)
3. Willmann-Bell, Inc. [www.willbell.com](http://www.willbell.com)
4. Astronomy Now. [www.astronomynow.com](http://www.astronomynow.com)
5. Harvard Smithsonian Center for Astrophysics. cfa-[www.harvard.edu/cfa-home.html](http://www.harvard.edu/cfa-home.html)
6. The Astronomer Magazine. [www.theastronomer.org](http://www.theastronomer.org)
7. UCLA – Division of Astronomy & Astrophysics. [www.astro.ucla.edu](http://www.astro.ucla.edu)

### Cursos y material informativo

1. Ask an Astronomer. [curious.astro.cornell.edu](http://curious.astro.cornell.edu)
2. Astrodidacta Astronomía Colombia. [almaak.tripod.com](http://almaak.tripod.com)
3. Astronomy 101. [astronomy.about.com/library/lessons/blastro1a.htm](http://astronomy.about.com/library/lessons/blastro1a.htm)
4. Astronomy 161: The Solar System.  
[csep10.phys.utk.edu/astr161/lect/index.html](http://csep10.phys.utk.edu/astr161/lect/index.html)
5. Bad Astronomy. [www.badastronomy.com](http://www.badastronomy.com)
6. History of Astronomy. [www.astro.uni-bonn.de/~pbrosche/astoria.html](http://www.astro.uni-bonn.de/~pbrosche/astoria.html)
7. How the Sun Works. [www.howstuffworks.com/sun.htm](http://www.howstuffworks.com/sun.htm)

8. Windows to the Universe (Ventanas al Universo, versión en español).  
[www.windows.ucar.edu](http://www.windows.ucar.edu)
9. Galileo and Einstein Lectures.  
[galileoandeinstein.physics.virginia.edu/lectures/lecturelist.html](http://galileoandeinstein.physics.virginia.edu/lectures/lecturelist.html)
10. Planet Quest. [planetquest.jpl.nasa.gov](http://planetquest.jpl.nasa.gov)
11. Taller de Astronomía. [www.cielosur.com/observa.htm](http://www.cielosur.com/observa.htm)
12. Universe Cosmology 101. [map.gsfc.nasa.gov/universo](http://map.gsfc.nasa.gov/universo)
13. Lunar and Planetary Institute. [www.lpi.usra.edu](http://www.lpi.usra.edu) El “Lunar and Planetary Institute” es un instituto de investigación que proporciona servicios de apoyo a la NASA y la comunidad científica planetaria y lleva a cabo la investigación en ciencias planetarias bajo la dirección de personal científico, investigadores visitantes y becarios posdoctorales.
14. Software para astronomía Amateur. <http://astrotips.com/>

### Directorios y portales

1. Astroinfo. [www.astroinfo.org](http://www.astroinfo.org)
2. Astro-red. [www.astrored.org](http://www.astrored.org)
3. CNN.com Space. [www.cnn.com/TECH/space](http://www.cnn.com/TECH/space)
4. Space.com. [www.space.com](http://www.space.com)
5. Universe Today. [www.universetoday.com](http://www.universetoday.com)
6. Astronomy 123 World. <http://www.123world.com/astronomy/>
7. Info Astro. <http://www.infoastro.com/>
8. Jet Propulsion Laboratory. <http://www.jpl.nasa.gov/>

### Misiones espaciales

1. NASA Human Spaceflight. <http://spaceflight.nasa.gov/home/index.html>
2. International Space Station.  
[http://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/main/](http://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/)
3. The Apollo Program. <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/lunar/apollo.html>
4. Yuri Gagarin. <http://www.yuriesfera.net/>
5. Voyager. <http://voyager.jpl.nasa.gov/>
6. Galileo Project. <http://solarsystem.nasa.gov/galileo/>
7. NASA Space Shuttle Launch Archive.  
<http://science.ksc.nasa.gov/shuttle/missions/missions.html>
8. Sputnik. <http://history.nasa.gov/sputnik/>
9. The Skylab Project. <http://www-pao.ksc.nasa.gov/history/skylab/skylab.htm>

## Fotografías e imágenes

1. Vistas del sistema solar. [www.solarviews.com/ss.html](http://www.solarviews.com/ss.html)
2. Hubble Space Telescope Public Pictures. <http://hubblesite.org/newscenter/>
3. Mars Pathfinder. <http://mars.jpl.nasa.gov/MPF/index1.html>
4. Ignacio de la Cueva Torregrosa, astrofotógrafo: Link ACTUALIDAD/NOTICIAS, <http://www.astroimagen.com/> . Capturando el Universo. <http://icueva.wordpress.com/principal/>
5. NASA Photo Gallery.  
<http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/index.html>
6. NCSA Astronomy Digital Image Library. <http://adil.ncsa.uiuc.edu/>
7. The Astronomical Image Library. <http://www.astronomy.ca/images/>
8. Astrophotography. <http://www.astropix.com/>
9. Comet Shoemaker. <http://www2.jpl.nasa.gov/sl9/>
10. Images of Comet Hale-Bopp.  
<http://www.astro.umd.edu/~ma/images/index.html>
11. JSC Digital Image Collection Home. <http://images.jsc.nasa.gov/>
12. Photographic Atlas of the Moon.  
[http://www.lpi.usra.edu/resources/lunar\\_orbiter/](http://www.lpi.usra.edu/resources/lunar_orbiter/)
13. NSSDC Photo Gallery. [http://nssdc.gsfc.nasa.gov/photo\\_gallery/](http://nssdc.gsfc.nasa.gov/photo_gallery/)
14. The Moon Pictures. <http://www.netaxs.com/~mhmyers/moon.tn.html>

## Observatorios y planetarios

1. Observatorio Astronómico Nacional. <http://www.observatorio.unal.edu.co>
2. Observatorio Astronómico Universidad Sergio Arboleda.  
<http://www.usergioarboleda.edu.co/observatorio/index.htm>
3. Observatorio Europeo Austral, ESO. [www.eso.org](http://www.eso.org)
4. Instituto de Astrofísica de Canarias, Observatorio Norte Europeo.  
<http://www.iac.es/enophp>
5. Calar Alto. <http://www.caha.es/>
6. La Silla. <http://www.eso.org/sci/facilities/lasilla/>
7. Cerro Paranal. <http://www.eso.org/paranal/>
8. Observatorios Astronómicos en España. <http://www.telescopios.org/>

## Otro software de astronomía

1. Astronomy Software. [www.zephyrs.com/astro.htm](http://www.zephyrs.com/astro.htm)
2. Solar System simulator. <http://space.jpl.nasa.gov/>



3. Space Calendar. <http://www2.jpl.nasa.gov/calendar/>
4. Adastra <http://www.skynow.com/coeli/adastra.htm> : Muestra una vista realista del cielo nocturno desde cualquier lugar de la Tierra. Se puede manipular fácilmente el cielo en tiempo real con las funciones de orientación, rotación y zoom. Un simple clic de ratón en cualquier objeto visible muestra un informe con datos de dicho objeto. También incluye una ventana para gráficos JPEG, con un enlace automático a los objetos estelares y un buscador para encontrar estrellas, planetas o constelaciones. Contiene guías de los planetas en formato HTML. En inglés. 2,6 MB (*freeware*<sup>38</sup>, Win9X/NT/2000).
5. Allstar [http://www.crosswinds.net/~allstar2000/old\\_index.html](http://www.crosswinds.net/~allstar2000/old_index.html) : Mapa astronómico completo y fácil de usar. Incluye opciones que permiten elegir la latitud y longitud y la hora de la observación. Controles sencillos de usar permiten aumentar o disminuir el tamaño, moverse libremente por el espacio e ir rápidamente a un punto cardinal. Eligiendo cualquier objeto, se obtienen automáticamente las coordenadas y un completo informe. En inglés. 1,37 MB (programa) + 2 MB (catálogos) + 761 Kb (catálogo Tycho) + 600 Kb (otras extensiones) (*freeware*, Win9X/NT/2000).
6. AlphaCentaure <http://www.astrosurf.com/alphacentaure/> : Planetario con muchísimas opciones. La organización de los menús es especialmente innovadora y sus opciones en el apartado gráfico muy flexibles. El punto negativo es su lentitud. En el aspecto gráfico ofrece la representación clásica de la esfera celeste, la situación del cielo sobre el horizonte local, elongaciones y posición heliocéntrica de los planetas y una herramienta para registrar las observaciones de manchas solares. También tiene un apartado de efemérides con un amplio conjunto de utilidades que ofrece todo tipo de cálculos: conversiones entre veinte calendarios, eclipses, conjunciones, estaciones, distancias, fases de la Luna, conversión de coordenadas. También tiene un entorno para grabar las observaciones personales. El paquete básico (3 archivos) incluye una base de datos de 600 asteroides, 108 cometas y estrellas hasta 8ª magnitud, pero en la dirección de la página pueden encontrarse 15 archivos opcionales más con catálogos de objetos celestes (estrellas hasta 10ª magnitud, elementos de 50.000 asteroides, partes del catálogo NGC, etc.), además de herramientas de conversión que permiten crear bases de datos propias. En francés, con soporte de inglés opcional. (Módulo de inglés opcional) (*freeware*, Win9X).

---

<sup>38</sup>Define un tipo de software que se distribuye sin costo, disponible para su uso y por tiempo ilimitado, y se trata de una variante gratuita del shareware.

7. Astronomica <http://www.astronomica.com> : Programa planetario que ofrece vistas muy realistas del cielo desde cualquier lugar de la Tierra. Astronomica tiene un interfaz fácil de usar que ayuda a navegar y buscar cuerpos celestes fácil y de forma rápida. Se puede obtener información de los cuerpos celestes con un sólo clic de ratón. También soporta la animación de cuerpos del Sistema Solar, crear cartas celestes para imprimir y mostrar imágenes fotográficas en pantalla. En inglés. 1,3 MB (*shareware*<sup>39</sup>, Win9X).
8. Celestial Maps <http://www.geocities.com/ovidiuv/maps.html>: Produce mapas precisos del cielo en cinco tipos distintos de proyección. Ejecuta una pequeña base de datos de estrellas y/o dos catálogos profesionales de estrellas, SAO y PPM. En inglés. 931 Kb + 426 Kb (catálogo NGC) + 7 MB (catálogo SAO) + 7 MB (catálogo PPM) (*freeware*, MS-DOS/Win9X).
9. Coeli Stella 2000 <http://www.stella2000.com/> : Programa con simulaciones animadas de las estrellas, tal como se ven desde la Tierra. Se puede seleccionar cualquier latitud o longitud de la Tierra, y el programa mostrará en tiempo real la localización de los planetas, las estrellas, y otros objetos. Este programa integra también un diccionario de 2.000 términos astronómicos y una enciclopedia con artículos. Utiliza la tecnología de Microsoft llamada *Agent speech* para ayudar a la pronunciación de los nombres de las estrellas. En inglés. 4 MB (*shareware*, Win9X/NT/2000).
10. CyberSky <http://www.cybersky.com/> : Muestra las estrellas, constelaciones, objetos de cielo profundo, el Sol, la Luna y los planetas desde cualquier localización de la Tierra en un momento dado con animación opcional. En inglés. 995 Kb (*shareware*, Win9X/NT).
11. DeskNite <http://www.stella2000.com/desknite.htm> : Vista dinámica del cielo nocturno en el escritorio. La vista cambia en tiempo real reflejando la configuración de los cielos en cada momento. Desde una lista desplegable se puede seleccionar la posición, o bien introducir la latitud y longitud, para que así la visualización coincida con la realidad. Muestra más de 3.000 estrellas, los planetas, el Sol, la Luna y los objetos NGC en diferentes estilos. En inglés. 1,36 MB (*freeware*, Win9X/NT/2000).

---

<sup>39</sup> Modalidad de distribución de software, en la que el usuario puede evaluar de forma gratuita el producto, pero con limitaciones en el tiempo de uso o en algunas de las formas de uso o con restricciones en las capacidades finales.



12. ECU (The Earth Centered Universe) <http://www.nova-astro.com/> : Programa de planetario y control de telescopio para astrónomos aficionados. Simula las características del cielo nocturno en color. En inglés. 750 Kb (*shareware*, Win3.1/9X/NT).
13. Encyclopedia Galactica <http://www.geocities.com/javastro/download.html> : Programa de cartas celestes y de efemérides gráficas; tres características llaman la atención: un gráfico de efemérides de los satélites de Júpiter, la capacidad para producir un gráfico de visibilidad de un objeto para una fecha y hora dadas, además la posibilidad de asociación de archivos de texto e imágenes para objetos celestes determinados, permitiendo al usuario crear una base de datos personalizada. El programa contiene objetos de cielo profundo y estrellas hasta 8ª magnitud, pero está disponible también un completo (catálogo de estrellas PPM para su uso con el programa). En inglés. 2,6 MB + 7 MB (imágenes y catálogo) (*freeware*, Win9X).
14. Hallo Northern Sky [http://ourworld.compuserve.com/homepages/han\\_kleijn/software.htm](http://ourworld.compuserve.com/homepages/han_kleijn/software.htm) : Planetario fácil de usar. Se necesita descargar por separado los catálogos estelares (por ejemplo, el catálogo PPM hasta magnitud 10ª o el catálogo Tycho 2, con más de 2.500.000 de estrellas) y las bases de datos de objetos de cielo profundo (10.607 objetos). En inglés. 400 Kb (programa) + 4,7 MB + 507 Kb (catálogos) (*freeware*, Win9X).
15. Home Planet <http://www.fourmilab.ch/homeplanet/> : Aplicación con múltiples funciones, comienza con una animación en la que muestra la progresión de la luz solar sobre el globo terrestre. Incluye una opción para visualizar la órbita de un satélite artificial, tomada de una amplia base de datos, la Tierra en tiempo real desde el Sol, un planetario y gran cantidad de opciones más. En inglés. Versión abreviada (o *Lite*): 1,4 MB; versión completa (o *Full*): 7,2 MB (*freeware*, Win9X/NT).
16. LCSTARS <http://www.lcbsoft.com> : Planetario con el que se pueden contemplar 28.695 objetos del firmamento, los fenómenos y movimientos astronómicos más interesantes. Se puede observar el cielo desde cualquier lugar de la Tierra, en la fecha que determine (desde las 0 horas del día 1 de enero del año 4799 a. C. hasta las 23 horas y 59 minutos del día 31 de diciembre del año 27900 d. C.), seleccionando el tipo de objetos que desea ver y la magnitud mínima que deben tener para mostrarse en pantalla. También es posible consultar la posición y otros datos relativos a 3.654

objetos celestes, localizarlos en el cielo en cada momento, animar las imágenes para estudiar los movimientos de los objetos, presentar invertida la imagen del cielo tal como aparece en el visor de un telescopio, imprimir cualquier imagen de la pantalla, etc. En castellano y de precio asequible. 549 Kb (*shareware*, Win9X/NT/2000).

17. Meridian <http://pages.infinet.net/merid/index.html> : Efemérides gráficas de la Luna, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Permite menús en castellano. 1,62 MB (*freeware*, Win9X).
  
18. MyStars <http://www.relativedata.on.ca/mystars/> : Programa sencillo que genera cartas precisas con estrellas, planetas, cometas y asteroides. Sus vistas como planetario lo hacen útil como herramienta para la enseñanza. 1,46 MB (*shareware*, Win3.1/9X/NT).
  
19. Nuit <http://astroclub.net/mercure/sag/logiciels/> : Programa dirigido a la observación astronómica a simple vista y muestra estrellas hasta 5ª magnitud, los planetas más brillantes y la mayoría de los objetos del catálogo de Messier. En inglés. 366 Kb (*freeware*, MS-DOS/Win9X).
  
20. Planet's Orbits  
<http://www.alcyone.de/POrbits/english/ProgramPOrbits.htm> : Planetario digital. Usa elementos orbitales para el cálculo de las posiciones planetarias, excepto para Plutón. Su mejor precisión se obtiene para un rango de entre +/- 4000 años. Son sus funciones más notables la especificación de la fecha (pasado o futuro), la animación orbital en tres dimensiones, las órbitas de más de 7.000 asteroides y sus ventanas de información y estadística. Tiene disponible para su descarga gran cantidad de archivos de datos opcionales con elementos orbitales. En inglés. 5,6 MB (*freeware*, Win9X).
  
21. SkyView [http://www.dta.it/www/soft\\_desk/skyview.htm](http://www.dta.it/www/soft_desk/skyview.htm) : Simulador de planetario, capaz de representar el cielo con un campo de visión desde 360 grados a 20 segundos de arco. Soporta la identificación de objetos por medio del ratón y tiene posibilidad de animación. Incluye los siguientes catálogos: SAO, BS con hasta 260.000 estrellas (magnitud límite 11,9ª) y catálogo de objetos no estelares RNGC (7.000 objetos; cometas y asteroides *online*). En inglés. 11,6 MB (*shareware*, MS-DOS 3.3).
  
22. Spica <http://www.geocities.com/SiliconValley/Code/7659/welcomee.htm> : Cartas celestes con varios modos de proyección, efemérides, gráficos de

conjunciones planetarias, informes estilo almanaque, gráficos de la situación de los anillos de Saturno y de los satélites de Júpiter. En inglés o francés. 1,26 MB + 6,32 MB (imágenes del catálogo Messier) (*freeware*, Win9X).

23. StarCalc <http://www.m31.spb.ru/StarCalc/main.htm> : Programa de cartografía astronómica. Permite obtener de forma instantánea una imagen de cualquier área celeste a cualquier hora y en cualquier lugar de la Tierra. En inglés. 676 Kb + 6 MB (catálogo y otros objetos celestes) (*freeware*, Win9X/NT/2000).
24. StarCat <http://izzy.net/~jc/StarCats/StarCats.html> : Herramienta de visualización de catálogos estelares diseñada para ser usada con los catálogos Bright Star, Hipparcos y Tycho. Proporciona acceso a los datos completos de cualquier estrella con solo seleccionar y hacer click. En inglés. 317 Kb (*freeware*, Win9X/NT/Linux).
25. StarMap <http://www.arrakis.es/~abelp/> : Programa que presenta un mapa a escala del espacio próximo alrededor del Sol, en un radio aproximado de 80 años luz. Ofrece completa información de unas 3.800 estrellas, por ejemplo, la posición que ocupan en el sistema, el nombre o nombres por los que se conocen, las distancias a la que se encuentran unas de otras, etc. En castellano. 606 Kb (*freeware*, Win9X/NT).
26. Starry Night Backyard <http://www.siennasoft.com/> : Simula el aspecto del cielo desde cualquier localización del Sistema Solar. De fácil uso, rápido y fluido, escenas renderizadas fotorealistas. En inglés. 15,5 MB (*shareware*, Win9X/NT).
27. Virtual Sky <http://virtualskysoft.de/asapps.htm> : Mapas del horizonte celeste y local editables; los gráficos muestran la situación del ecuador celeste, los satélites de Júpiter y Saturno, eclipses, vistas desde los nueve planetas del Sistema Solar y zonas de día y noche en la Tierra. Calcula la visibilidad de los planetas durante el día, conjunciones, fases de la Luna, estaciones y hasta 24 sucesos para cada planeta. Muestra un mapa de la fase actual de la Luna, ofreciendo la posibilidad de buscar accidentes por nombre. Puede incorporar el catálogo estelar SAO. En inglés. 3,7 MB + 3,8 MB (catálogo SAO) (*shareware*, Win9X/NT/2000).

Tabla 3. Enlaces de los principales organismos de recopilación de información relacionada con las ciencias planetarias y datos disponibles en cada uno de ellos<sup>40</sup>.

ORGANISMO	DATOS DISPONIBLES
<i>United States Geological Service (USGS)</i> <a href="http://astrogeology.usgs.gov/">http://astrogeology.usgs.gov/</a>	Nomenclatura planetaria Mapas (fotográficos y temáticos) Atlas fotográfico Sistemas de Información Geográfica
<i>Lunar and Planetary Institute (LPI)</i> <a href="http://www.lpi.usra.edu/lpi.html">http://www.lpi.usra.edu/lpi.html</a>	Atlas Lunar Bibliografía Enlaces variados
<i>Planetary Data System (PDS)</i> <a href="http://pds.jpl.nasa.gov/">http://pds.jpl.nasa.gov/</a>	Imágenes y datos planetarios Mapas (temáticos) Software específico
<i>National Space Science Data Center (NSSDC)</i> <a href="http://nssdc.gsfc.nasa.gov/">http://nssdc.gsfc.nasa.gov/</a>	Datos terrestres y especiales Imágenes planetarias
<i>NASA Astrophysics Data System (ADS)</i> <a href="http://adsabs.harvard.edu/">http://adsabs.harvard.edu/</a>	Bibliografía
<i>Malin Space Science System (MSSS)</i> <a href="http://www.msss.com/">http://www.msss.com/</a>	Imágenes de Marte Atlas fotográfico de Marte

<sup>40</sup> Fuente: De Pablo, M. (2004). Introducción a la investigación en Ciencias Planetarias: fuentes de datos e imágenes planetarias, en Aproximación a las Ciencias Planetarias. ISBN 84 7800 582 X.

## 4. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

Durante los últimos años, se ha podido observar como la enseñanza de la Ciencia ha recibido un gran número de aportes a partir de diferentes tipos de fuentes; gran diversidad y mejor calidad en libros de texto, enciclopedias y otros relacionados, todos estos en diferentes tipos de formato, bien en papel o en versiones digitales; nuevos recursos (laboratorios convencionales y virtuales, software educativo, Internet, audiovisuales, etc.); nuevos contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales); diversidad de espacios que favorecen el aprendizaje (Bogotá como una gran escuela, museos interactivos de ciencia y tecnología, museos de ciencia, medios de divulgación especializada, eventos locales y nacionales para la divulgación de los procesos científicos en la escuela, formación de clubes de ciencia, etc.), lo cual genera un gran reto para las instituciones educativas y sus actores, en el sentido de realizar una adecuada formación en Ciencias Naturales y Tecnología, haciendo uso de estas fuentes para generar un proceso de enseñanza aprendizaje cada vez de mejor calidad (Secretaría de Educación, 2007).

La aceptación del conocimiento científico escolar como producto de la mediación didáctica, y la necesidad de percibirlo como actividad científica significativa, que tiene como finalidad formar al estudiantado para ejercer la ciudadanía conduce a la “enseñanza significativa”, la cual permite diferenciar la enseñanza del aprendizaje y, por lo tanto, su énfasis está en permitir y en dotar al joven de las condiciones que le posibiliten actuar, reflexionar y hablar sobre el mundo (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003).

Lo que más interesa a los científicos sobre la ciencia es el proceso de descubrimiento, en el cual hacen la búsqueda de respuestas a preguntas interesantes. Pero, cuando se enseña ciencia en las instituciones educativas, es muy común que los estudiantes memoricen términos o hechos, se trasmite la idea de que la ciencia es simplemente la recopilación de lo ya se sabe; en vez de generar contextos para que los estudiantes experimenten el cómo se llega a

determinado conocimiento y explorar las preguntas que se obtienen de la experimentación sin respuesta.

La Astronomía captura la imaginación de los niños y jóvenes de una manera distinta a otras áreas del conocimiento, pues los ambientes y visones extraterrestres proporcionan una perspectiva que inspira asombro, admiración y sobre todo curiosidad. Lo anterior, convierte a la Astronomía en una herramienta pedagógica en el aula que habilita al docente para enseñar principios básicos de las ciencias. No obstante, la enseñanza de la Astronomía es un punto crítico en la educación, pues aunque se ha avanzado mucho en los procesos de investigación educativa en algunas áreas de las ciencias, no se puede decir lo mismo de la Astronomía donde existe un inmenso vacío, pues con un proceso lento ha ido ganando espacio en las instituciones educativas. Además, la divulgación de la Astronomía en las aulas es mínima en comparación con otras ciencias, y aunque muchos maestros quisieran enseñarla, estos a menudo no poseen el conocimiento adecuado o si lo poseen no saben cómo incorporarla al currículo, lo que la hace a veces inalcanzable para muchos estudiantes (Cárdenas, 2011).

Los procesos didácticos empleados para transmitir el conocimiento astronómico, son muy debatibles, debido a la poca o escasa investigación y trabajo pedagógico sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Astronomía, generando la necesidad de innovar en este ámbito. Considerando que los valores educativos del uso de la historia de la Astronomía y de su interacción con otras áreas, proporcionan una visión muy interesante para el trabajo docente, que se puede aprovechar para tomar conciencia de la existencia de ideas previas y su posible estudio. La Astronomía se convierte en centro de interés de aprendizaje para los jóvenes en el momento en que los hechos y términos astronómicos tienen una razón para usarlos en una actividad. Este enfoque de hacer que los estudiantes actúen como científicos, con experiencias basadas en actividades, no es la única forma apropiada de enseñar. Ya que, ser científico involucra no sólo hacer experimentos, sino también la investigación, hacer presentaciones escritas y atender o escuchar sugerencias y/o puntos de vista de otros expertos, como también hacer uso de herramientas tecnológicas que apoyen el involucrarse con el saber. Sin embargo, estudios sobre el aprendizaje de los estudiantes en las ciencias demuestran que ellos logran no solo entender, sino además, comprender mejor aquellos conceptos que analizan y/o descubren por sí mismos.

Según Shatz et al. (2006), uno de los mecanismos más efectivos en la enseñanza de la Astronomía es un enfoque basado en la solución de problemas, donde los estudiantes desarrollan y usan técnicas de pensamiento científico. En este

enfoque se presenta a los alumnos un problema o situación que despierte su interés y que requiere de una secuencia de tareas, actividades y/o experimentos para alcanzar una solución o respuesta. Las actividades deben permitir que el estudiante elabore reflexiones y actuaciones similares a las que haría un científico en su labor. Además, algunos aspectos que se deben tener en cuenta en el aprendizaje de la Astronomía son:

- Los estudiantes deben desarrollar habilidades de investigación mientras aprenden conceptos fundamentales en Astronomía.
- Es importante hacer explícitas las “teorías privadas” que los estudiantes tienen sobre un concepto, situación o hecho astronómico antes de que se tenga lugar al aprendizaje real. Ya que muchos estudiantes poseen conceptos erróneos acerca de ideas aparentemente simples y cuando el docente no conoce dichas ideas, es posible que el estudiante construya o reafirme dichos conocimientos.
- Los temas a trabajar deben ser acordes y apropiados para la edad y desarrollo cognitivo del estudiante, puesto que algunos razonamientos o conceptos pueden ser demasiado prematuros para su desarrollo en el aula.
- El permitir a los estudiantes manipular modelos tridimensionales es efectivo para ayudarlos a comprender ciertos fenómenos astronómicos.
- Los estudiantes necesitan construir su propia comprensión del Universo a través de la observación, la manipulación de modelos y confrontación de sus propias teorías.

La metodología en esta propuesta intenta que el estudiante actúe, construya, modifique, reoriente, analice, escriba, hable, escuche, lea, etc. en forma individual y grupal. Donde el profesor promueva y oriente los procesos y, estos se den en la práctica, se materialicen en el transcurso de construir, transformar y renovar conocimientos, pues éste permite desarrollar los aprendizajes contextualizados y significativos de los estudiantes y posibilita la integración, la participación activa del docente, además, pasa a considerar al currículo como un campo de significación de la actividad académica en el aula.

La propuesta de actividades que se presenta procura que los jóvenes se involucren activamente en el proceso de enseñanza y aprendizaje, y así desarrollen pensamiento crítico y experimenten por sí mismos el proceso de

construcción y validación del conocimiento. Lo que permite generar un espacio en el aula donde la crítica, la reflexión, la creatividad y el análisis se fomenten permanentemente en la adquisición del conocimiento.

Lo característico de este trabajo es mostrar una didáctica replanteada que respete las ideas intuitivas y cotidianas de los estudiantes y les conduzca a reconstruir significativamente los saberes cotidianos en experiencias científicas cada vez más elaboradas. Además, las actividades propuestas pretenden que los estudiantes potencien determinadas competencias, actitudes y procedimientos, que les permitan una apropiación de los saberes propios de la ciencia, teniendo en cuenta, los estándares curriculares que involucren temáticas alusivas a la Astronomía y el uso de las Tecnologías de la Información.

La distribución de las actividades está planteada en tres cartillas:

#### 4.1. Cartilla No. 1: Coordenadas Horizontales

Los estudiantes desarrollan una serie de construcciones de artefactos (cuadrante, teodolito o astrolabio, planetarios y gnomon) con los que estarán en la capacidad de medir diversos parámetros importantes en Astronomía y así de esta forma elaborar los conceptos de las Coordenadas Horizontales. Las construcciones se pueden encontrar en diversos espacios de la Web como UNAWE y otros portales educativos, como también en libros de texto y bibliografía citada, todos estos artefactos han sido adaptados a los propósitos de la temática y a la orientación que se pretende dar a la enseñanza de la Astronomía, también se le han hecho las modificaciones necesarias para su uso en la ciudad de Bogotá.

En esta cartilla también comienza a ser uso del Software Stellarium, que es el que más se empleara en las actividades y varios portales con los que fortalecerá sus competencias en el manejo de recursos TICs para la Astronomía.

#### 4.2. Cartilla No. 2: Las Constelaciones

Conocer el telón de fondo sobre el cual se desarrolla toda la Astronomía; las estrellas y las constelaciones, familiarizar al estudiante para que aprenda a orientarse entre el enjambre de puntos brillantes que pueblan la cúpula celeste.

Con esta serie de actividades se busca que el estudiante identifique la necesidad de orientarse en el cielo nocturno, además hará uso de los objetos tecnológicos creados en la anterior cartilla. El segundo objeto de esta cartilla es que los jóvenes



tengan una participación más activa en el uso de las herramientas TICs y le den un empleo más aplicado para esta ciencia y así favorecer el la construcción de muchos más conceptos.

Varias de las actividades formuladas han sido adaptadas de propuestas encontradas en la bibliografía citada para ser usadas en el contexto y ubicación de los estudiantes y para emplearse junto con el software que se usa en la cartilla.

#### 4.3. Cartilla No. 3: La Luna

Comprender algunos de los fenómenos ocurridos alrededor del movimiento de nuestro satélite natural, la Luna. Para finalizar el estudiante se enfocará en el estudio de la Luna, uno de los objetos principales de estudio de esta propuesta de grado. Ello implica que se ha familiarizado con la comprensión de los principios expuestos en las publicaciones anteriores, además que ha logrado un adecuado uso de las aplicaciones tecnológicas (software y artefactos elaborados). Está en la condición de generar nuevos conceptos y adaptarlos al nuevo objeto de estudio (capacidad de adaptación, adecuación e innovación en el contexto de necesidades y situaciones particulares), como también de hacer uso de herramientas no presentadas, promoviendo el desarrollo de habilidades en el manejo de nuevas tecnologías que le permitan dar respuesta a nuevos interrogantes.

En varias de las actividades formuladas; como la construcción de nuevos artefactos y en el uso de tablas y esquemas, que se han adaptado de propuestas encontradas en la bibliografía citada y recursos Web para ser usadas en el contexto y ubicación de los estudiantes, además para emplearse junto a las diversas herramientas TICs y software que se usa en la cartilla.

## 5. CONCLUSIONES

El diseño de cada una de las cartillas me permitió enriquecer mis conocimientos teóricos y prácticos sobre la enseñanza de la Astronomía y el uso de software como medio didáctico, en particular para adecuar las actividades con el fin de motivar a los estudiantes de grado Noveno.

En el campo de las nociones básicas de Astronomía, que es el objeto de este trabajo, observé que el mayor número de software libre y programas se encuentran en el grupo de planetarios y cartas celestes, aunque la labor de los aficionados y de personas que se inician en el estudio de la Astronomía hace que cada vez más aparezcan herramientas y utilidades para la observación. También es un hecho que en Internet, se encuentra la gran mayoría de este software en inglés, lo que en un inicio puede ser una problemática pues los estudiantes se mantienen al margen al no observar una plataforma en español, pero si se desarrollan proyectos transversales con el área de Humanidades (Español e Inglés) que faciliten el uso de estos programas puede no solo darse respuesta a una política distrital en el uso de un segundo idioma, sino también interesar al estudiante en el aprendizaje de otros idiomas, y así fomentar el uso y el desarrollo propio de páginas web.

La revisión histórica y disciplinar sobre las coordenadas astronómicas, las constelaciones y la Luna me permitió tener presente factores importantes dentro del diseño de las cartillas propuestas. Teniendo en cuenta, que se espera que el trabajo desarrollado por los estudiantes al aplicar las actividades los lleve a un acercamiento del proceso y el conocimiento científico. Lo anterior, me proporcionó un discernimiento más elaborado para apropiar adecuadamente cada temática para el trabajo con estudiantes de grado Noveno y así poder pensar en formular para otros cursos otras temáticas de Astronomía.

Para lograr identificar y adecuar tópicos de Astronomía pertinentes a trabajar con estudiantes de grado Noveno, fue necesario hacer un estudio cuidadoso sobre los Lineamientos Curriculares y Estándares básicos en ciencias y otras áreas. Además, hacer una revisión teórica sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias y la Astronomía, que para Bogotá, esta última no hace parte de los currículos, pero si se han conformado clubes de Astronomía que hacen que se fortalezca este tipo de propuestas.

La elaboración de este trabajo se constituyó en un espacio importante de mi formación como docente, ya que aportó de manera significativa a un cambio de visión sobre la enseñanza y aprendizaje no sólo de la informática, sino además de las ciencias en general.

Finalmente, exalto la labor desinteresada de los programadores que suministran su programa a la comunidad informática sin pedir a cambio una remuneración, con el sistema de distribución *freeware*. Es importante que los estudiantes comprendan que, en el mundo de los programas, *gratis* no quiere decir *malo* ni *de baja calidad*, sino que simplemente hay personas que, llevadas por una afición, desarrollan un trabajo que más tarde ofrecen a todos los que tienen sus mismas inquietudes. Gracias a ellos podemos disponer de aplicaciones que hacen que jóvenes de recursos limitados accedan a estos medios de aprendizaje.

ANEXO A. LAS CONSTELACIONES ACTUALES<sup>41</sup>.

Las 88 constelaciones del cielo nocturno				
Nombre en latín	Nombre Castellano	Genitivo	Abreviatura	Significado
<b>Andromeda</b>	Andrómeda	Andromedae	And	La princesa Andrómeda
<b>Antlia</b>	Máquina neumática	Antliae	Ant	La Bomba (de aire)
<b>Apus</b>	Ave del Paraíso	Apodis	Aps	Ave del Paraíso
<b>Aquarius</b>	<b>Acuario</b>	<b>Aquarii</b>	<b>Aqr</b>	<b>El portador de agua</b>
<b>Aquila</b>	Águila	Aquilae	Aql	El Águila
<b>Ara</b>	Altar	Arae	Ara	El Altar
<b>Aries</b>	<b>Aries</b>	<b>Arietis</b>	<b>Ari</b>	<b>El Carnero</b>
<b>Auriga</b>	Cochero	Aurigae	Aur	El Auriga
<b>Boötes</b>	Boyero	Boötis	Boo	El Boyero
<b>Caelum</b>	Buril	Caeli	Cae	El Cincel
<b>Camelopardalis</b>	Jirafa	Camelopardalis	Cara	La Jirafa
<b>Cancer</b>	<b>Cáncer</b>	<b>Cancri</b>	<b>Cnc</b>	<b>El Cangrejo</b>
<b>Canes Venatici</b>	Lebreles	Cantan Venaticorum	CVn	Los Perros de Caza
<b>Canis Major</b>	Can Mayor	Canis Majoris	CMa	El Perro Mayor
<b>Canis Minar</b>	Can Menor	Canis Minoris	CMi	El Perro Menor
<b>Capricornus</b>	<b>Capricornio</b>	<b>Capricorni</b>	<b>Cap</b>	<b>El Capricornio</b>
<b>Carina (*)</b>	Quilla	Carinae	Car	La Quilla
<b>Cassiopeia</b>	Casiopea	Cassiopeiae	Cas	La Reina

<sup>41</sup> Contralmirante Román, F., (2002). Aproximación a las Constelaciones. ISBN 958-33-4054-5. Astrociencia.com, Latinquasar.org, Agrupación Astronómica de Gran Canaria.

En el cielo podemos ver estrellas, nebulosas, cúmulos... que pertenecen a una constelación en concreto. De las 88 constelaciones del cielo, las más conocidas son las doce del Zodíaco, que cada una representa a un animal. Además de éstas, Tolomeo reconoció 48 constelaciones compuestas por más de 1.000 estrellas en el siglo II d. C. Mucho más tarde, en el año 1925 del siglo pasado se establecieron internacionalmente las 88 constelaciones que conocemos hoy en día: 48 corresponden a las observaciones de Tolomeo y las restantes a los descubrimientos de la Era Moderna.

Según las reglas de la IAU (Unión Astronómica Internacional), cada constelación debe tener su nombre oficial en latín, así como una abreviatura de tres letras identificativa.

(\*) Estas constelaciones forman parte de Argo Navis, tal como la presento inicialmente Tolomeo en su Almagesto, pero en la actualidad se encuentran divididas por la variación de su forma original.

				Casiopea
<b>Centaurus</b>	Centauro	Centauri	Cen	El Centauro
<b>Cepheus</b>	Cefeo	Cephei	Cep	El Rey Cefeo
<b>Cetus</b>	Ballena	Ceti	Cet	El Monstruo Marino
<b>Chamaeleon</b>	Camaleón	Chamaeleonis	Cha	El Camaleón
<b>Circinus</b>	Compás	Circini	Cir	Los Compases
<b>Columba</b>	Paloma	Columbae	Col	La Paloma
<b>Coma Berenices</b>	Cabellera de Berenice	Cornac Berenices	Com	La Cabellera de Berenice
<b>Corona Australis</b>	Corona Austral	Coronae Australis	CrA	La Corona Austral
<b>Corona Borealis</b>	Corona Boreal	Coronae Borealis	CrB	La Corona Boreal
<b>Corvus</b>	Cuervo	Corvi	Crv	El Cuervo
<b>Crater</b>	Copa	Crateris	Crt	La Copa de Baco
<b>Crux</b>	Cruz del Sur	Crucis	Cru	La Cruz
<b>Cygnus</b>	Cisne	Cygni	Cyg	El Cisne
<b>Delphinus</b>	Delfín	Delphini	Del	El Delfín
<b>Dorado</b>	Pez Dorado	Doradus	Dor	Dorado (El Pez)
<b>Draco</b>	Dragón	Draconis	Dra	El Dragón
<b>Equuleus</b>	Potro	Equulei	Equ	El Potro
<b>Eridanus</b>	Erídano	Eridani	Eri	El río Eridanus
<b>Fornax</b>	Horno	Fornacis	For	El horno
<b>Gemini</b>	<b>Gemelos</b>	<b>Geminorum</b>	<b>Gem</b>	<b>Los Gemelos</b>
<b>Grus</b>	Grulla	Gruis	Gru	La Grulla
<b>Hercules</b>	Hércules	Herculis	Her	Hércules
<b>Horologium</b>	Reloj	Horologii	Hor	El Reloj
<b>Hydra</b>	Hidra hembra	Hydrac	Hya	La Hidra
<b>Hydrus</b>	Hidra macho	Hydri	Hyi	La Serpiente de Agua
<b>Indus</b>	Indio	Indi	Ind	El Indio
<b>Lacerta</b>	Lagarto	Lacertae	Lac	El Lagarto
<b>Leo</b>	<b>Leo</b>	<b>Leonis</b>	<b>Leo</b>	<b>El León</b>
<b>Leo Minor</b>	León menor	Leonis Minoris	LMi	El León Menor
<b>Lepus</b>	Liebre	Leporis	Lep	La Libre
<b>Libra</b>	<b>Libra</b>	<b>Libras</b>	<b>Lib</b>	<b>La Balanza</b>
<b>Lupus</b>	Lobo	Lupi	Lup	El Lobo

<b>Lynx</b>	Lince	Lyncis	Lyn	El Lince
<b>Lyra</b>	Lira	Lyrae	Lyr	La Lira
<b>Mensa</b>	Mesa	Mensae	Men	La Meseta
<b>Microscopium</b>	Microscopio	Microscopii	Mic	El Microscopio
<b>Monoceros</b>	Unicornio	Monocerotis	Mon	El Unicornio
<b>Musca</b>	Mosca	Muscae	Mus	La Mosca
<b>Norma</b>	Regla	Normae	Nor	La Escuadra
<b>Octans</b>	Octante	Octantis	Oct	El Octante
<b>Ophiuchus</b>	<b>Ofiuco</b>	<b>Ophiuchi</b>	<b>Oph</b>	<b>El Ofiuco</b> <b>El Serpentario</b>
<b>Orión</b>	Orión	Orionis	Ori	Orión, el Cazador
<b>Pavo</b>	Pavo	Pavonis	Pav	El Pavo
<b>Pegasus</b>	Pegaso	Pegasi	Peg	El Pegaso
<b>Perseus</b>	Perseo	Persei	Per	Perseo
<b>Phoenix</b>	Fénix	Phoenicis	Phe	El ave Fenix
<b>Pictor</b>	Pintor	Pictoris	Pic	El Caballero del pintor
<b>Pisces</b>	<b>Piscis</b>	<b>Piscium</b>	<b>Psc</b>	<b>Los Peces</b>
<b>Piscis Austrinus</b>	Pez austral	Piscis Austrini	PsA	El Pez Austral
<b>Puppis (*)</b>	Popa	Puppis	Pup	La Popa
<b>Pyxis</b>	Brújula	Pyxidis	Pyx	El Compas Magnetico
<b>Reticulum</b>	Red	Reticuli	Ret	La Retícula
<b>Sagitta</b>	Flecha	Sagittae	Sge	La Flecha
<b>Sagittarius</b>	<b>Sagitario</b>	<b>Sagittari</b>	<b>Sgr</b>	<b>El sagitario. El Arquero</b>
<b>Scorpius</b>	<b>Escorpión</b>	<b>Scorpii</b>	<b>Seo</b>	<b>El Escorpión</b>
<b>Sculptor</b>	Escultor	Sculptoris	Scl	El Escultor
<b>Scutum</b>	Escudo	Scuti	Set	El Escudo
<b>Serpens</b>	Serpiente	Serpentis	Ser	La Serpiente
<b>Sextans</b>	Sextante	Sextantis	Sex	El Sextante
<b>Taurus</b>	<b>Tauro</b>	<b>Tauri</b>	<b>Tau</b>	<b>El Toro</b>
<b>Telescopium</b>	Telescopio	Telescopii	Tel	El Telescopio
<b>Triangulum</b>	Triángulo	Trianguli	Tri	El Triángulo
<b>Triangulum Australe</b>	Triángulo austral	Trianguli Australis	TrA	Triángulo Austral
<b>Tucana</b>	Tucán	Tucanae	Tuc	El Tucán
<b>Ursa Major</b>	Osa Mayor	Ursae Majoris	UMa	La Osa Mayor

<b>Ursa Minor</b>	Osa Menor	Ursae Minoris	UMi	La Osa Menor
<b>Vela(*)</b>	Vela	Velorum	Vel	La Vela
<b>Virgo</b>	<b>Virgo</b>	<b>Virginis</b>	<b>Vir</b>	<b>La Virgen</b>
<b>Volans</b>	Pez volador	Volantis	Vol	El pez volador
<b>Vulpecula</b>	Vulpeja	Vulpeculae	Vul	La Zorra

## ANEXO B. Misiones de Alunizaje Apollo, (Ibarra, 1999).

Tripulación	Duración de la misión	Resultados
Apollo 11. <b>Neil A. Armstrong</b> <b>Michel Collins</b> <b>Edwin E. Aldrin</b>	16 – 24 de julio de 1969	Armstrong y Aldrin realizaron el primer alunizaje tripulado en el Mar de la Tranquilidad, el 20 de Julio.
Apollo 12. <b>Charles Conrad</b> <b>Richard F. Gordon</b> <b>Alan L. Bean</b>	14 – 24 de noviembre de 1969	Cornad y Bean alunizaron en Oceanus Procellarum cerca de la sonda robot no tripulada <i>Surveyor 3</i> , el 19 de noviembre.
Apollo 13. <b>James A. Lovell</b> <b>John L. Swigert</b> <b>Fred W. Haise</b>	11 – 17 de abril de 1970	Intento de alunizaje cancelado tras una explosión en el Modulo de Servicio.
Apollo 14. <b>Alan B. Shepard</b> <b>Stuart A. Roosa</b> <b>Edgar D. Mitchell</b>	31 de enero – 9 de febrero de 1971	Shepard y Mitchell alunizaron cerca del cráter Fra Mauro el 5 de febrero.
Apollo 15. <b>David R. Scott</b> <b>Alfred M. Worden</b> <b>James B. Irwin</b>	26 de julio – 7 de agosto de 1971	Scott e Irwin alunizaron cerca de Hadley Rille, al pie de los montes Apeninos, el 30 de julio. Fue utilizado por primera vez un todoterreno lunar.
Apollo 16. <b>John W. Young</b> <b>Thomas K. Mattingly</b> <b>Charles M. Duke</b>	16 – 27 de abril de 1972	Young y Duke alunizaron cerca del cráter Descartes, en las altiplanicies lunares, el 21 de abril.
Apollo 17. <b>Eugene A. Cernan</b> <b>Ronald E. Evans</b> <b>Harrison H. Schmitt</b>	7 – 19 de diciembre de 1972	Cernan y Schmitt alunizaron cerca del cráter Littrow, en el borde del mar de la Serenidad, el 11 de diciembre.



ANEXO C. Datos de la Luna<sup>42</sup>

Elementos orbitales		
Inclinación	5,1454°	
Excentricidad	0,0549	
Elementos orbitales derivados		
Período orbital sinódico	27 <sup>d</sup> 7 <sup>h</sup> 43,7 <sup>m</sup>	
Radio orbital medio	384.400 km	
Satélite de	la Tierra	
Características físicas		
Masa	7,349 × 10 <sup>22</sup> kg	
Densidad	3,34 g/cm <sup>3</sup>	
Área de superficie	38 millones de km <sup>2</sup>	
Diámetro	3.476 km	
Diámetro angular	Perigeo	33' 28,8"
	Apogeo	29' 23,2"
	Medio	31' 5,2"
Gravedad	1,62 m/s <sup>2</sup>	
Velocidad de escape	2,38 km/s	
Periodo de rotación	27d 7h 43,7min	
Inclinación axial	1,5424°	
Albedo	0,12	
Composición corteza	Oxígeno	43%
	Silicio	21%
	Aluminio	10%
	Calcio	9%
	Hierro	9%
	Magnesio	5%
	Titanio	2%
	Níquel	0,6%
	Sodio	0,3%
	Cromo	0,2%
	Potasio	0,1%
	Manganeso	0,1%
	Azufre	0,1%
	Fósforo	500 ppm

<sup>42</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Luna>

	Carbono	100 ppm
	Nitrógeno	100 ppm
	Hidrógeno	50 ppm
	Helio	20 ppm
<b>Características atmosféricas</b>		
<b>Presión</b>	$3 \times 10^{-10}$ Pa	
<b>Temperatura</b>	Mínima	40 K
	Media (día)	380 K
	Media (noche)	120 K
	Máxima	396 K
<b>Composición</b>	Helio	25%
	Neón	25%
	Hidrógeno	23%
	Argón	20%
	Metano	?
	Amoníaco	?
	Dióxido de carbono	Trazas

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Abetti, G. (1992). Historia de la Astronomía. ISBN 9681638239. Fondo de Cultura Económica. México. Traducido por Alejandro Rossi.
- [2] Acosta, L., Colombo de Cudmani, L. (2010) Una propuesta para la enseñanza de la Astronomía: el recurso de la arqueoastronomía. Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán. ISSN 1668-9178.
- [3] Arias, M. & Huérfano, A. (2011). El papel de la observación en la formalización de conceptos a partir de la contribución de la Astronomía. Caso particular: nuestra estrella el Sol. Revista Científica, Norteamérica, Disponible en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/view/1249>
- [4] Arranz, P. (2004). Guía de Campo de las Constelaciones. ISBN 84 95495 40 6. Equipo Sirius S.A.
- [5] Barberán, F. (2012). Las estrellas: guía fácil de observación. ISBN 978 84 662 24369. Equipo Editorial LIBSA, España.
- [6] Bartlett, T. (2010). Manual de navegación astronómica. ISBN 978 84 7902 840 4. Impreso en España.
- [7] Borrero, L. (Ed). (2002). Astronomía en Internet. ISBN 958-046904-0. Grupo Editorial Norma S.A.
- [8] Bourge, P., Lacroux, J. & Dupont-Bloch, N. (2008). Guía práctica del astrónomo amateur. 16ª Edición. ISBN 978-84-282-1485-8. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España.
- [9] Branley, F. (1960). The Moon: Earth's natural satellite. Colección Hombre y Cosmos, Traducción Lah, L. Impreso en Argentina.
- [10] Brieva, E. (1985). Introducción a la Astronomía: El Sistema Solar. Universidad Nacional de Colombia. ISBN 958 628 004 7.

- [11] Castaño, C.; Maíz, I.; Palacio, G. & Villarroel, J., (2008). Prácticas educativas en entornos Web. ISBN: 978-84-975657-1-4. Editorial Síntesis, Madrid, España.
- [12] Cárdenas, J. (2011). Enseñanza de las matemáticas haciendo uso de la Astronomía. (Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia).
- [13] Castellanos, J.; Martín, E.; Pérez, D.; Santacruz, L. & Serrano, L. (2011): Las TIC en la educación. Ediciones Anaya Multimedia. Madrid.
- [14] Cepeda, W. (2006). Eclipses. Facultad de Ciencias, Observatorio Astronómico Nacional. Publicación 11. ISSN 0120-3037. Universidad Nacional de Colombia.
- [15] Clariván, C. (2005). Atlas de Astronomía. ISBN 968 24 7256 3. Editorial Trillas, México.
- [16] De Orús, J., Catalá, M. & Núñez, J. (2007). Astronomía Esférica y mecánica celeste. Fuente: <http://books.google.com.co/books>. Páginas mostradas con permiso de Edicions Universitat Barcelona. ISBN 978 84 475 30 59.
- [17] De Pablo, M. (2004). Introducción a la investigación en Ciencias Planetarias: fuentes de datos e imágenes planetarias, en Aproximación a las Ciencias Planetarias. ISBN 84 7800 582 X.
- [18] Fuentes, D. (2009). Enseñanza de la Astronomía, aportes desde las Tic's. Fuente: Quehacer educativo, febrero de 2009.
- [20] Galadí-Enriquez, D. & Canudas, I. (1998). Manual práctico de Astronomía con CCD. ISBN 84-282-1169-8. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España.
- [21] Gaynicotch, G. (2000) Enseñanza de la Astronomía. Revista Astronomía Digital No. 7, 2000. <http://digital.astrored.org>
- [22] Henarejos, P. (2006). Guía de Astronomía. ISBN 978-84-460-2805-5. Ediciones Akal. Madrid, España.
- [23] Izquierdo, A. & Adúriz-Bravo. (2003). Epistemological foundations of school science. En Science & Education, 12: 27-43.

- [24] Maldonado, F. (2000). Nuevas tecnologías aplicadas a la educación. En: memorias Seminario Nacional sobre investigación educativa y pedagógica en Colombia. Socolpe – Colciencias. Bogotá.
- [25] Martin, J. (1998). Neuroanatomía funcional. Segunda Edición. ISBN 84-8322-030-X. Prentice Hall. España.
- [26] Martínez, J. (1997). Educación científica y sociedad sustentable. Boletín 44. Proyecto Principal de Educación en América Latina y El Caribe. UNESCO, Santiago, Chile, 37-43 [Versión electrónica].
- [27] Martínez, V., Miralles, J., Marco, E. & Galadí-Enriquez, D. (2007). Astronomía fundamental. Universitat de València. ISBN 970 84 370 61 704. Impresión Guadua Impresores.
- [28] Ministerio de Educación Nacional, (2004). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Formar en ciencias ¡el desafío! Lo que necesitamos saber y hacer. Disponible:  
[http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81033\\_archivo\\_pdf.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf.pdf)
- [29] Moreno, A. (2012). La Web 2.0 Recurso Educativo. Fuente: Observatorio Tecnológico, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España.  
<http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/es/internet/web-20/1060-la-web-20-recursos-educativos.htm>
- [30] Murillo, C. (2008). La astronomía en América: Mayas, Aztecas e Incas. En *Contexto de Astronomía*, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
- [31] Ibarra, A. (Traductor). (1999). Diccionario de Astronomía. Oxford University Press. ISBN 84 897 8470 1. Editorial Complutense, Impreso en España.
- [32] Orduz, M., Vargas, E., & Serrano, W. (2006). La enseñanza de la astronomía como actividad extracurricular en la educación básica. (Spanish). *Revista Colombiana De Física*, 38 (4), 1431-1434.
- [33] Pereira, D., Bárcena, M., Rubio, I. & Sesma, J. (2004). Aproximación a las Ciencias Planetarias. Ediciones Universidad de Salamanca. ISBN 84 7800 582 X.
- [34] Portilla, J. (Ed.). (2001). Astronomía para todos. Observatorio Astronómico Nacional. ISBN 958-701-104-X. UNIBIBLOS.

- [35] Portilla, J. (2001). Elementos de Astronomía de posición. Observatorio Astronómico Nacional. Facultad de Ciencias Universidad Nacional. ISSN 0120 2785. Bogotá, Colombia.
- [36] Puerta, G. (1997). Guía para los viajeros del cielo, Astronomía con binoculares. Planeta Colombiana Editorial. ISBN 958 614 605 7. Bogotá, Colombia.
- [37] Quiroz, J. (2001). El cielo en su ordenador: Astronomía e Informática. V curso de experto universitario en Internet y sus aplicaciones. U.N.E.D.
- [38] Ridpath, I (2006). Guías Visuales Espasa: Astronomía. ISBN 978 84 670 2583 5. Espasa Calpe S.A.
- [39] Rojas, I. (2010). Astronomía Elemental - Volumen I: Astronomía Básica. ISBN 978 956 332 535 5. Editorial USM.
- [40] Román, F. (2002). Aproximación a las constelaciones. ISBN 958-33-4054-5. Colombia.
- [41] Ruiz, J. & Gómez A. (2007). Astronomía Contemporánea. ISBN 978 84 92 509 78 2. Equipo Sirius S.A., Madrid, España.
- [42] Sagan, C. (1982). Cosmos. Editorial Planeta. ISBN 84 320 3626 9. Barcelona, España.
- [43] Schatz, D., Yao, C., Dierking, L., Anderson, P., & Wolf, S., (Editores) (2006). Handbook for Small Science Centers. ISBN 978 0 7591 0652 9. EEUU.
- [44] Secretaría de Educación, (2007). SERIE: Cuadernos de Currículo. Colegios Públicos de excelencia para Bogotá: Orientaciones curriculares para el campo de Ciencia y Tecnología. Bogotá, Noviembre de 2007.
- [45] Tobón, R. *La Astronomía Antigua*, tomado de: Arboleda, L. (Ed). (1990). La ciencia en la Antigüedad. Textos tomados de Historia General de las ciencias, Seminario de Historia de las Ciencias, Universidad del Valle, Cali.
- [46] Violat, J. & Sánchez P. (1996). La Luna: Estudio Básico. ISBN 84-86639-78-6. Equipo Sirius S.A., Madrid, España.
- [47] Zamarrazo, J. & Amorós, L. (2011): Las nuevas Tecnologías de la enseñanza de las Ciencias. ISBN: 9788498303179. Editorial Eduforma. Sevilla.

Reseñados por Román (2002)

[48] Levitt, I & Marshall, R., (1992). *Star Maps for Beginners*. New York. Página 92.

[49] Mayr, J. Contribución a la Astronomía de los Kogi, En: *Etnoastronomías Americanas*. De Von Hildebrand, E. & Arias de Greiff, J., compiladores. (1987). Ed. Universidad Nacional de Colombia. Páginas 65 – 66.

### Referencias de las Cartillas

[50] Appel, J. (2000). *40 Proyectos de Astronomía*. ISBN 958 33 1929 0. Popayán, Colombia.

[51] Arribas, A. (2001). *Astronomía Paso a Paso*. Editorial Equipo Sirius, Madrid, España. ISBN 84 95495 15 5

[52] Arribas, A. & Riviére, V. (2001). *Taller de Astronomía. Temas y actividades*. Editorial Equipo Sirius, Madrid, España. ISBN: 84-866639-44-1

[53] Belane, C. (2012). *Breve historia de la Luna*. Disponible en: <http://www.actuallynotes.com/Breve-Historia-de-la-Luna.htm#.UKkT1IHrs9k>

[54] Bolívar, R., Gomez M. & De Guerrero G. (1988). *Investiguemos 6, Introducción a las Ciencias*. ISBN 958 02 0063 7. Editorial Voluntad, Bogotá.

[55] Clariván, C. (2005). *Atlas de Astronomía*. ISBN 968 24 7256 3. Editorial Trillas. México.

[56] Dávalos, F. (1994). *Hijos de la Primavera: vida y palabras de los indios de América*, ISBN: 9681644344. Página 98. F. C. E., México.

[57] Estalella, R., Cid, S., Garcia-Luengo, E., Molins, M., Montané, M., Paudulles, M., & Trabal, M. (1995). *Astronomía en la escuela*. IBSN 84 891 49. Ministerio de Educación y Ciencia. Barcelona, España.

[58] García, S., Martínez, C., Mondelo, M., & Vega P. (1997). *La astronomía en textos escolares de educación primaria*. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), pp. 225-232.

[59] Puerta, G. (2003). Ciencia explicada: Astronomía. ISBN 958 28 1462 4. Intermedio Editores. Bogotá, Colombia.

[60] Rusell, R. (2005). Luna de la tierra. Disponible en:  
[http://www.windows2universe.org/earth/moons\\_and\\_rings.html&lang=sp](http://www.windows2universe.org/earth/moons_and_rings.html&lang=sp). Última modificación el 19 de octubre de 2005

[61] Villegas, M. (2001). GALAXIA. Física 10. ISBN 958 02 1144 2. Educación Media, Editorial Voluntad, Bogotá.



## REFERENCIAS VIRTUALES

Duque-Escobar, G. <http://www.galeon.com/guiaastronomica/>: (2009) *La Luna*, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

El atlas de *Lunar Orbiter*: [http://www.lpi.usra.edu/resources/lunar\\_orbiter/](http://www.lpi.usra.edu/resources/lunar_orbiter/)

El atlas virtual de la Luna: [www.astrosurf.com/avl/UK\\_download.html](http://www.astrosurf.com/avl/UK_download.html)

Fernandez, O. Los cambios de las fases de la Tierra desde la Luna (Podcast). Tomado de Earthsky. Octubre 25 de 2010. <http://espanol.earthsky.org/el-espacio/los-cambios-de-las-fases-de-la-tierra-vistos-desde-la-luna>

National Geographic. <http://www.nationalgeographic.es/ciencia/moon-exploration-article>

<http://stellarium.org/es/>

[http://www.stellarium.org/wiki/index.php/Stellarium\\_User\\_Guide](http://www.stellarium.org/wiki/index.php/Stellarium_User_Guide)

<https://sites.google.com/site/guiastell...ects=0&d=1>. Sitio de descarga Guía de Usuario Stellarium en español. [Matthew Gates](#).

<http://astrotips.com/>

<http://celestia.es/>

<http://celestia.sourceforge.net/>

<http://www.ap-i.net/skychart/es/start>

<http://ap-i.net/avl/en/start>

<http://astro.unl.edu/>

<http://astrojem.com/lunadistancia.html>

<http://www.elmundo.es/elmundo/2012/02/02/ciencia/1328186980.html>

<http://openuniverse.sourceforge.net/>

<http://www.youtube.com/watch?v=Luo5cvEj27Q>. Fuente: Tutorial del programa OpenUniverse, realizado para la materia de Matemáticas 0, impartida en la Universidad de Vigo. Realizado por: Antía D. B., Beatriz M. R., Lorena P. R., Ilenia P. G. Subido el 26/04/2011.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Portal:Software\\_libre](http://es.wikipedia.org/wiki/Portal:Software_libre). Portal de Software Libre.

<http://sitescontent.google.com/google-earth-for-educators/classroom-resources> .  
Recursos para los docentes y estudiantes de Google Earth

[http://www.worldwindcentral.com/wiki/Main\\_page](http://www.worldwindcentral.com/wiki/Main_page). Página wiki para la información y los recursos de Nasa World Wind.

<http://sac.csic.es/unawe/index.html>. Portal Web de UNAWE – Explora el universo.